Ventilação Natural e Controle de Ruídos

Diretrizes Projetuais

Laís de Gusmão Coutinho

LAÍS DE GUSMÃO COUTINHO

VENTILAÇÃO NATURAL E CONTROLE DE RUÍDOS: DIRETRIZES PROJETUAIS

Dissertação de mestrado apresentada à
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de mestre

Área de Concentração:
Tecnologia da Arquitetura

Linha de Pesquisa:
Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Ergonomia

Orientadora:
Prof.ª Dr.ª Alessandra Rodrigues Prata Shimomura

Coorientadora:
Prof.ª Dr.ª Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski

SÃO PAULO – SP
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Coutinho, Laís
VENTILAÇÃO NATURAL E CONTROLE DE RUÍDOS: DIRETRIZES PROJETUAIS / Laís Coutinho; orientador Alessandra Shimomura. coorientador Ranny Michalski - São Paulo, 2022.
374p.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura.

1. Ventilação Natural. 2. Controle de Ruído. 3. Simulação Computacional Cfd. 4. Estratégias Bioclimáticas. I. Shimomura, Alessandra, orient. II. Michalski, Ranny, coorient. III. Título.

Elaborada eletronicamente através do formulário disponível em: <http://www.fau.usp.br/fichacatalografica/>

À Neuza Maria Lopes de Gusmão,
por ter sido a melhor mãe do mundo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me provou no último ano que pode nos dar uma cruz pesada, mas também fornece a força para carregarmos.

À minha mãe, Neuza, por me ensinar tantos valores e por estar comigo em todos os momentos dessa caminhada, parte ao meu lado e parte no céu, mas sempre presente.

Ao meu pai, Mauro, por ter dado suporte, amor e incentivo e por cuidar tão bem da nossa família.

Ao Igor, que começou essa caminhada como namorado e hoje termina como marido. Agradeço por todo amor, suporte e compreensão, por acreditar em mim e, assim, me fazer acreditar também.

À minha orientadora, Alê, que soube me ler, que confiou em mim, me acolheu e foi a melhor orientadora que eu poderia ter tido.

À minha coorientadora, Ranny, pelo sorriso no primeiro encontro, por todos os outros que seguiram e pelo suporte de sempre.

Ao meu irmão Fernando e à minha cunhada Renata, por estarem comigo em todos os momentos, sempre torcendo e auxiliando.

Ao Ravioli, meu filho de quatro patas, por ter trazido tanta alegria para a minha vida e luz para a minha casa quando eu mais precisava.

À minha madrinha, Eliane, que leu o meu projeto de pesquisa para entrar no mestrado, propôs alterações, deu sugestões e vibra junto comigo em cada vitória, por menor que seja.

À minha afilhada Raissa Cardoso e ao amigo de FAU, André Sato, por me mostrarem que apesar das adversidades, a vida segue e pode ser linda.

Ao Samuel Bertrand, por representar tudo o que eu acredito ser um verdadeiro acadêmico e pesquisador e por ter me ajudado tanto no desenvolvimento desta pesquisa.

À família 1 de São Paulo, Mateus e Lucas Nunes, por me fazerem sentir especial em qualquer situação e por me ensinarem a comemorar as pequenas vitórias.

À família 2 de São Paulo, Vitória, Arthur, Dandara e Abner, por todos os momentos de lazer e por escutarem meus desabafos.

Aos familiares e amigos de Belém, pela torcida de sempre.

Aos amigos que fiz na FAU USP, colegas e professores, que me acolheram e me ensinaram muito. Entre eles: Eduardo Gasparelo, Claudia Ferrara, Fabio Bellucci, Roberta Kronka, Cristiane Sato, Patrícia Paixão, Gustavo Diegues.

À FAU UFPA, que me forneceu a base para o início deste longo caminhar.

À FAU USP, que me acolheu e hoje me molda.

A todas as mulheres pesquisadoras que vieram antes de mim e possibilitaram que eu esteja aqui hoje e possa ir além.

À Marieli Lukiantchuki, Elcione Moraes e Anésia Barros Frota pelas contribuições na banca de qualificação, essenciais para o prosseguimento desta pesquisa.

À minha pesquisa que, ao contrário do que costuma ser para muitos, para mim era uma válvula de escape e, na maioria das vezes, um momento de alegria.

COUTINHO, L. G. **Ventilação Natural e Controle de Ruídos: Diretrizes Projetuais.** 2022. 376p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

RESUMO

A urbanização, juntamente com a industrialização e a invenção do aparelho de ar-condicionado proporcionou uma forte mudança de paradigma arquitetônico, fazendo com que os arquitetos deixassem de aproveitar as condições climáticas locais em seus projetos. Este quadro trouxe uma ampliação de impactos ambientais e de doenças respiratórias devido à baixa qualidade ambiental interna, além de ser insustentável do ponto de vista energético. Expõe-se a necessidade de utilizar o potencial de ventilação natural existente no território brasileiro e aproveitar todas as vantagens fornecidas por esse recurso ao usuário e às edificações. Entretanto, sabe-se que ao abrir a fachada para a ventilação natural, é criado um problema de acústica relacionado à entrada de ruídos. Essa dicotomia existente entre as duas componentes do conforto ambiental em questão é de importante avaliação. Nesta pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica, buscando-se estudos em que as duas variáveis mencionadas são avaliadas. Após uma seleção de tipologias, elas foram analisadas da perspectiva da ventilação de forma quantitativa e qualitativa através de simulações no *software ANSYS CFX*. A partir dos resultados obtidos com as simulações e dos resultados de acústica divulgados nos trabalhos selecionados, foi avaliada a aplicabilidade de cada elemento para a realidade climática brasileira e foram elaboradas propostas de diretrizes projetuais.

Palavras-chave: estratégias bioclimáticas, ventilação natural, controle de ruídos, simulação computacional, *ANSYS CFX*.

COUTINHO, L. G. **Natural Ventilation and Noise Control: Design Guidelines.** 2022. 376p. Master Thesis. Faculty of Architecture and Urbanism, University of São Paulo, São Paulo, 2022.

ABSTRACT

The urbanization, along with industrialization and invention of the air conditioning system, provided a strong paradigm shift in architecture, so architects failed to take advantage of local climatic conditions in their projects. This scenario brought an increase in environmental impacts and respiratory diseases due to the low internal environmental quality, and this practice is also unsustainable from an energy perspective. This research exposes the need to use the existing natural ventilation potential in the Brazilian territory and to take advantage of all the benefits provided by this resource to the user and the buildings. However, it is known that opening the facade to natural ventilation creates an acoustic problem related to the ingress of external noise. This existing dichotomy between the two components of environmental comfort in question is an important point to be evaluated. In this research, a literature review was carried out, looking for studies in which the two mentioned variables are evaluated. After a selection of typologies, they were analyzed from the ventilation perspective in a quantitative and qualitative way through computer simulations in the ANSYS CFX software. Based on the results obtained from the simulations and the acoustic results published in the selected works, the applicability of each element to the Brazilian climate reality was evaluated and proposals for design guidelines were presented.

Keywords: bioclimatic strategies, natural ventilation, noise control, computer simulation, ANSYS CFX.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxos de vento em função do posicionamento das aberturas. 42
Figura 2 - Formas de peitoril ventilado. 44
Figura 3 - Diferença de fluxos entre aberturas sem e com aproveitamento de painéis 45
Figura 4 - Parque Eduardo Guinle (RJ) 46
Figura 5 - Interior da Caixa D'água de Olinda (PE). 46
Figura 6 - Lanternins do Retiro Tagaste, em Ananindeua (PA). 47
Figura 7 - Partes do sistema da chaminé solar 48
Figura 8 - Funcionamento da chaminé solar. 48
Figura 9 – Funcionamento das torres de ventilação no Paquistão. 49
Figura 10 - Torre de ventilação com divisão interna para a captação e a extração. 49
Figura 11 – Evolução dos *sheds* como sistema de ventilação natural. 50
Figura 12 - Hospital Sarah Brasília Lago Norte, refeitório dos funcionários. 50
Figura 13 - Tipologias de janelas com porcentagens de abertura para ventilação. 50
Figura 14 - Gradientes de velocidade no campo, subúrbio e centro da cidade 52
Figura 15 - Organização da plataforma *Workbench* com as etapas de simulação de um elemento, com 3 direções de incidência de vento. 58
Figura 16 - Zoneamento bioclimático brasileiro. 60
Figura 17 - Teatro grego de Herodes, em Atenas. 66
Figura 18 - Interior da Igreja Notre Dame de Paris. 66
Figura 19 - Espectro de frequência dos sons. 70
Figura 20 – Curva de ponderação em A. 71
Figura 21 – Pressões sonoras (em Pa) associadas aos níveis de pressão de sonora (em dB) ... 72
Figura 22 - Efeitos do som ao incidir em uma superfície. 74
Figura 23 - Tempo de reverberação recomendado para diferentes ambientes, em 500 Hz. . 76
Figura 24 - Posicionamento não convencional de aberturas para evitar a entrada excessiva de ruídos 80
Figura 25 - SoundTube em Melbourne. 81
Figura 26 - Barreira Acústica 81
Figura 27 - Diferentes configurações de implantação e sombras acústicas geradas. 81
Figura 28 - Desenho esquemático dos elementos presentes nos ensaios que utilizam o método de caracterização experimental. 85
Figura 29 – Relação entre isolamento sonoro e área da abertura em fachadas. 96
Figura 30 – Porcentagens de pesquisas por período de publicação. 98
Figura 31 - Porcentagem de pesquisas publicadas nos últimos 5 anos por continente 98

Figura 32 - Janela de correr horizontal..... 99
Figura 33 - Janela de correr vertical..... 99
Figura 34 - Configuração de janela tipo *plenum* testada por Lo *et al*. (2014)..... 100
Figura 35 - Modelos de HIS construídos para as medições. Na unidade à direita foram inseridas janelas convencionais e na outra, janelas *plenum*. Na imagem, é possível entender qual partição interna foi removida em determinadas medições e onde foram posicionados o sofá e a cama. 101
Figura 36 - Janelas *plenum* com uma e duas folhas para fechamento e com as dimensões alteradas para as medições. 102
Figura 37 - Imagem com todas as medidas das janelas testadas e com o posicionamento dos microfones, que variou em cada caso..... 103
Figura 38 - Corte das tipologias de janelas testadas. 105
Figura 39 - Janela com representação de escala humana..... 106
Figura 40 - Elevação e corte da janela com especificações. 106
Figura 41 - Corte da Fachada 6, onde foram colocados uma verga e um peitoril ventilados para um espaço de transição. 107
Figura 42 - Simulação da Fachada 6 no *software Raynoise*, considerando que o ambiente está no primeiro pavimento de um prédio 107
Figura 43 - Imagens esquemáticas e fotografia das medições do peitoril ventilado "tipo a" (curto), na fase experimental. 109
Figura 44 - Imagens esquemáticas e fotografia das medições do peitoril ventilado, com lã de rocha..... 109
Figura 45 - Desenhos e fotografia de uma das tipologias de cobogó acústico. 109
Figura 46 - Simulação CFD em corte exibindo os fluxos de vento que passam pelas aberturas. 110
Figura 47 - Grid utilizado para as medições de fachadas duplas 111
Figura 48 - Representação da distância entre os centros das aberturas. 111
Figura 49 - *Grid* analisado.. 112
Figura 50 - Dimensões do *grid*.. 112
Figura 51 - Medições.. 112
Figura 52 - Corte da partição com pontos de medição e especificação de materiais e equipamentos 113
Figura 53 - Vista frontal da partição ventilada testada, a partir da sala receptora 113
Figura 54 - Disposição de material absorvente em três configurações testadas. 113
Figura 55 - Mecanismo de entrada de vento da abertura..... 114
Figura 56 - Janela com elemento lateral fechado. 114
Figura 57 - Janela com elemento lateral aberto. 114
Figura 58 - Cenários de sacadas testadas. 115

Figura 59 - Projeto conceitual e final do guarda-corpo da sacada 115
Figura 60 - Cenários de ensaio, sem ou com rotação das lâminas. 116
Figura 61 - Protótipo do dispositivo para ensaio. 116
Figura 62 - Planta da configuração de câmaras utilizadas nas medições de acústica, ventilação e iluminação. 117
Figura 63 - Corte e imagem com a configuração da janela testada e suas medições variáveis. 117
Figura 64 - Desenho esquemático do sistema de controle ativo de ruído. 119
Figura 65 - Comparação de situações na primeira investigação realizada. 120
Figura 66 - Fabpod em 3D e planta, posicionamento do sistema de controle ativo em vermelho e a cadeira representada por uma estrela. 120
Figura 67 - Tipologia em "V" da veneziana analisada. 121
Figura 68 - Desenho esquemático do sistema de controle de ruído ativo. 121
Figura 69 - Grelhas da empresa Decibel France 121
Figura 70 - Índice de redução sonora das grelhas com aletas simples, em vermelho, e com aletas duplas, em verde. 121
Figura 71 - Veneziana acústica da RENSON® aplicadas em uma construção. 122
Figura 72 - Estrutura das venezianas. 122
Figura 73 - Imagem com a tecnologia i-Flux®. 123
Figura 74 - Janela "Invisivent evo". 123
Figura 75 - Processo de corte e montagem da espuma acústica do *NAT Vent Attenuator*. 123
Figura 76 - Sistema do Nat Vent Box. 123
Figura 77 - Sobreposição de fachadas para atenuação de ruído. 124
Figura 78 - Placas de células fotovoltaicas como barreira acústica. 124
Figura 79 - Fluxo metodológico utilizado na pesquisa. 135
Figura 80 - Desenhos representativos das tipologias selecionadas para esta pesquisa. 136
Figura 81 - Desenho em perspectiva e dimensões da tipologia base. 138
Figura 82 - Componentes da tipologia 1 com suas dimensões (m). 140
Figura 83 - Componentes da tipologia 2 com suas dimensões (m) representadas. 141
Figura 84 - Componentes da tipologia 3 com suas dimensões (m) representadas. 143
Figura 85 - Componentes da tipologia 4 com suas dimensões (m) representadas. 145
Figura 86 - Componentes da tipologia 5 com suas dimensões (m) representadas. 147
Figura 87 - Componentes da tipologia 6 com suas dimensões (m) representadas. 148
Figura 88 - Componentes da tipologia 7 com suas dimensões (m) representadas. 149
Figura 89 - Componente 8a. 150
Figura 90 - Componentes 9a e 9b, com suas respectivas dimensões. 151
Figura 91 - Componentes 9c e 9d, com suas respectivas dimensões. 153
Figura 92 - Modelo genérico com o componente 4c. 155

Figura 93 – Geometria pronta para ser inserida no *CFX*. 155
Figura 94 - Processo de importação de geometria para o CFX. 156
Figura 95 - *Parts* da tipologia base definidas, com as paredes do domínio em destaque.... 157
Figura 96 - Modelo do componente 3D, com as *parts* definidas e inclusão das *parts* MOLDURA, FOLHAINT e FOLHAEXT para avaliação de rugosidade. 157
Figura 97 - Componente 2a com malha refinada. 159
Figura 98 - Modelo na etapa *Setup* com as direções de vento definidas. 160
Figura 99 - Planos horizontais analisados. 163
Figura 100 - Planos verticais analisados. 163
Figura 101 - Localização dos pontos de controle (PCs) nos planos 1, 2 e 3. 164
Figura 102 - Exemplo da localização dos pontos de controle para cálculos de vazão (em vermelho) no componente 1d. 165
Figura 103 - Divisão das fichas-síntese com os resultados. 167
Figura 104 - Posicionamento dos 6 planos e dos 27 pontos de controle analisados. 173

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico para realização de soma de NPS. 73
Gráfico 2 - Gráfico para a realização de subtração de NPS. 73
Gráfico 3 - Gráfico de momento e massa do componente 1e com direção de vento a 180°. 163
Gráfico 4 - Gráfico de momento e massa do componente 1e com direção de vento a 225°. 163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de necessidade de ventilação natural em algumas capitais brasileiras, durante as horas do ano e do verão. 36
Tabela 2 - Velocidades do ar e seus efeitos. 40
Tabela 3 - Valores de k e a. 52
Tabela 4 - Diferenças entre os coeficientes de pressão do vento para casas em campo aberto. 54
Tabela 5 - Valores do fator de relação (fr) em função da proporção entre as aberturas de entrada e saída. 55
Tabela 6 - Fluxo de ar por ocupante sugerido pela ASHRAE para habitações unifamiliares. . 56
Tabela 7 - Diretrizes abordadas na ABNT NBR 15220 (2005) para ventilação natural. 60
Tabela 8 - Velocidade de propagação do som em m/s de acordo com o meio. 70
Tabela 9 - Bandas de frequência utilizadas em acústica. 71
Tabela 10 - Fontes de ruído com suas intensidades e consequências. 77
Tabela 11 - Terminologias de isolamento de ruído aéreo. 83
Tabela 12 – Limites de níveis de pressão sonora em função do uso e período das áreas. 87
Tabela 13 - Valores de referência para ambientes internos de acordo com as suas finalidades de uso. 88
Tabela 14 - Requisitos acústicos para os sistemas de piso. 90
Tabela 15 - Requisitos acústicos para as vedações externas (fachadas). 91
Tabela 16 - Requisitos acústicos para vedações internas (entre ambientes). 91
Tabela 17 - Tabela com compilação dos resultados das referências encontradas. 127
Tabela 18 - Equações de correção do perfil de vento. 160
Tabela 19 - Parâmetros utilizados para as simulações. 161

LISTA DE SIGLAS E ABREVIAÇÕES

α	Coeficiente de absorção sonora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*
CFD	*Computational Fluid Dynamics*
CFX	Software de simulação computacional fluidodinâmica desenvolvido pela ANSYS.
CLA	Camada Limite Atmosférica
cm	Centímetros
COVISA	Coordenadoria de Vigilância em Saúde
C_p	Coeficiente de pressão
dB	Decibel
D_n	Diferença Normalizada de Nível
D_{nT}	Diferença Padronizada de Nível
$D_{n,w}$	Diferença Normalizada de Nível Ponderada
$D_{nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada
$D_{2m,nt}$	Diferença Padronizada de Nível a 2 m da fachada
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m da fachada
DP	Desvio Padrão
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FEM	Finit Elements Method
fr	Fator de relação
H	Altura
Hz	Hertz
IL	*Insertion Loss*
LABAUT	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética
m	Metros
mm	Milímetros

m/s	Metros por segundo
N	Número de renovações por hora
NPS	Nível de Pressão Sonora
NR	*Noise Reduction*
OMS	Organização Mundial da Saúde
WHO	World Health Organization
Pa	Pascal
PA	Pará
PC	Ponto de Controle
PE	Pernambuco
PT	Perda de Transmissão
Q	Vazão/fluxo
R ou **SRI**	Índice de Redução Sonora
R_w	Índice de Redução Sonora Ponderado
R'	Índice de Redução Sonora Aparente
R'$_w$	Índice de Redução Sonora Aparente Ponderado
TL	*Trasmission Loss*
TNI	*Traffic Noise Index*
TR	Tempo de Reverberação
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS **7**
RESUMO **9**
ABSTRACT **11**
LISTA DE FIGURAS **13**
LISTA DE GRÁFICOS **17**
LISTA DE TABELAS **19**
LISTA DE SIGLAS E ABREVIAÇÕES **21**
SUMÁRIO **23**
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA **29**
1.1) Justificativa 29
1.2) Objetivos 30
1.2.1) Objetivo Geral 30
1.2.2) Objetivos Específicos 30
1.3) Estrutura da Dissertação 31
CAPÍTULO 2: VENTILAÇÃO NATURAL **35**
2.1) Vento e conforto 38
2.2) Ventilação cruzada 41
2.3) Ventilação por efeito chaminé 42
2.4) Estratégias passivas para ventilação natural 43
2.4.1) Peitoril ventilado 44
2.4.2) Beirais e *brises* horizontais 44
2.4.3) Painéis verticais 45
2.4.4) Cobogós 45
2.4.5) Lanternins 46
2.4.6) Chaminé solar 47
2.4.7) Torres de ventilação 48
2.4.8) *Sheds* 49
2.5) Formas de avaliar e quantificar a ventilação natural 50
2.6) Ventilação natural em normativas brasileiras 58
2.6.1) ABNT NBR 15220-3:2005 59

2.6.1) ABNT NBR 15575:2013 60
CAPÍTULO 3: ACÚSTICA 65
3.1) Som e seus efeitos 68
3.2) Acústica Arquitetônica e conforto 75
3.3) Estratégias para o controle de ruído aéreo 78
3.4) Formas de avaliar a acústica de edificações 82
3.5) Acústica em normativas brasileiras 86
3.5.1) ABNT NBR 10151:2019 86
3.5.2) ABNT NBR 10152:2017 87
3.5.3) ABNT NBR 15575:2013 89
CAPÍTULO 4: INTERRELAÇÃO ENTRE VENTILAÇÃO NATURAL E ACÚSTICA 95
4.1) Janelas com aberturas laterais 99
4.2) Janelas com aberturas superior e inferior 104
4.3) Aberturas para ventilação natural e controle de ruído 107
4.4) Sacadas 114
4.5) Brises 115
4.6) Painéis Acústicos 116
4.7) Controle Ativo 118
4.8) Sistemas comerciais 121
4.9) Considerações 124
CAPÍTULO 5: MATERIAIS E MÉTODOS 135
5.1) SELEÇÃO DE TIPOLOGIAS 136
5.1.1) Tipologia Base 137
5.1.2) Tipologia 1 – janelas *plenum* com aberturas laterais 138
5.1.3) Tipologia 2 – janelas *plenum* com abertura inferior e superior 140
5.1.4) Tipologia 3 – aberturas inferior e superior com diferentes configurações de material absorvente 141
5.1.5) Tipologia 4 – aberturas com metassuperfícies 143
5.1.6) Tipologia 5 – fachadas duplas 145
5.1.7) Tipologia 6 – peitoril ventilado 147
5.1.8) Tipologia 7 – *brise* 148
5.1.9) Tipologia 8 – abertura lateral à janela 149
5.1.10) Tipologia 9 – cobogós 150
5.2) MODELAGEM DAS TIPOLOGIAS SELECIONADAS 153

5.3) SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ETAPAS DO PROCESSO 155
5.3.1) *Geometry* 156
5.3.2) *Mesh* 156
5.3.3) *Setup* 159
5.3.4) *Solution* 162
5.3.5) *Results* 163
5.4) ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS 165
5.5) FICHAS-SÍNTESE – VENTILAÇÃO NATURAL E CONTROLE DE RUÍDO 166
5.6) LISTAGEM DAS DIRETRIZES PROJETUAIS 168
CAPÍTULO 6: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 171
CAPÍTULO 7: APRESENTAÇÃO DE DIRETRIZES PROJETUAIS 329
7.1) Tipologia 1 329
7.2) Tipologia 2 330
7.3) Tipologia 3 331
7.4) Tipologia 4 331
7.5) Tipologia 5 332
7.6) Tipologia 6 334
7.7) Tipologia 7 334
7.8) Tipologia 8 335
7.9) Tipologia 9 336
7.10) Diretrizes gerais 337
CAPÍTULO 8: LIMITAÇÕES E DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA 341
CAPÍTULO 9: CONSIDERAÇÕES FINAIS 345
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 349
APÊNDICE 1 359
APÊNDICE 2 369

CAPÍTULO 1

Introdução e Justificativa

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

1.1) Justificativa

A sustentabilidade em suas múltiplas áreas de aplicação se encontra hoje como pauta central de diversas discussões. No campo da arquitetura e urbanismo, o assunto vem sendo amplamente debatido. Nesse contexto, percebe-se um grande foco em apenas um dos pés da sustentabilidade, o econômico, faltando mais ações voltadas para as questões ambientais e sociais no sentido de realmente trazer o desenvolvimento sustentável, com toda a responsabilidade que esse conceito abrange, para a produção arquitetônica e urbanística.

Entretanto, a industrialização e urbanização acelerada de grandes centros urbanos representam um grande desafio para os arquitetos, visto que a tendência é a queda da qualidade ambiental interna nas edificações. Cabe, então, a esse profissional, a missão de integrar todas as variáveis do conforto ambiental e aliá-las às questões que envolvem a sustentabilidade, como a eficiência energética.

Somaram-se, recentemente, à pauta da eficiência energética, outras questões, trazidas pela pandemia da COVID-19, relacionadas à necessidade de trazer a ventilação natural para dentro dos edifícios. A utilização desse recurso traz muitos benefícios para os ambientes e seus usuários, pois através da renovação do ar, os gases, vírus e vapores d'água são dispersados, mantendo a salubridade e higiene no interior das construções. Além disso, dependendo dos fluxos e da velocidade dos ventos, é possível obter conforto térmico com um projeto pensado para a ventilação natural.

É de conhecimento comum que, ao abrir a janela para a entrada de ventos, o usuário torna o ambiente mais suscetível à entrada de ruídos. Portanto, o presente trabalho compila uma série de dispositivos e elementos de fachada, estudados e medidos por outros pesquisadores no sentido de

diminuir o paradoxo existente entre a ventilação e a acústica. Na elaboração desse estado-da-arte, foi percebida uma forte tendência de focar na questão acústica em detrimento dos fluxos de vento que são, efetivamente, proporcionados por esses elementos.

Dessa forma, nesta pesquisa, os fluxos de vento foram estudados em determinados dispositivos, através do *software ANSYS CFX*. Após, foi realizado um cruzamento entre os dados de acústica e de ventilação, a fim de obter diretrizes projetuais que busquem um ponto ótimo entre as duas variáveis.

1.2) Objetivos

1.2.1) Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral a proposta de diretrizes projetuais para elementos de fachada que permitam a passagem do vento ao mesmo tempo em que controlam a entrada de ruídos nos ambientes internos de uma edificação, na tentativa de torná-los aplicáveis em projetos de edificações localizados no Brasil.

1.2.2) Objetivos Específicos

- Avaliar de forma paralela, através de simulações computacionais e revisão de bibliografia, a ventilação natural e o controle de ruídos, buscando-se um elemento que proporcione um ponto de convergência entre estas duas variáveis;
- Avaliar o impacto que a inserção de material acústico absorvente promove na ventilação natural do ambiente;
- Descrever o fluxo dos ventos através do ambiente em todas as variações dimensionais da janela, baseando-se nos resultados provenientes de simulações realizadas no *software ANSYS CFX*;
- Caracterizar separadamente e de forma conjunta os fenômenos de ventilação natural e acústicos envolvidos na pesquisa;
- Incentivar o uso de técnicas passivas nas edificações, como caminho para o desenvolvimento sustentável da arquitetura.

1.3) Estrutura da Dissertação

Esta dissertação se encontra estruturada em nove capítulos, além das referências bibliográficas. Neste primeiro capítulo, é feita a introdução à pesquisa, expondo a justificativa para a sua realização, o que se espera alcançar ao final e como ela se apresenta dividida.

Nos capítulos 2, 3 e 4 é apresentada a revisão bibliográfica em que a pesquisa foi embasada. Nos dois primeiros, são apresentadas separadamente as questões que envolvem os dois temas centrais aqui levantados: ventilação natural e acústica, respectivamente. Neles, abordam-se os principais benefícios e características do vento e do som, bem como índices, parâmetros, estratégias e normativas brasileiras ligadas ao conforto térmico proporcionado pelos fluxos de vento e ao conforto acústico relacionado ao controle de ruídos. Já no capítulo 4, a revisão bibliográfica é focada em estudos que promovem a interação entre as duas variáveis do conforto mencionadas.

No capítulo 5, são apresentados os materiais e métodos que foram utilizados, como os critérios de seleção das tipologias, o fluxo de trabalho dentro do *software* utilizado, e a forma de analisar e comparar todos os resultados para que esses se tornem diretrizes projetuais. No capítulo 6 são apresentados os resultados, em forma de fichas-síntese comparativas e, então, no capítulo 7, são sugeridas as principais diretrizes.

As limitações e desdobramentos da pesquisa se encontram no capítulo 8 e as considerações finais no capítulo 9. Esses são seguidos pela lista com todas as referências consultadas e utilizadas para a elaboração da dissertação e pelos apêndices com as tabelas onde estão inseridos os dados extraídos das simulações.

CAPÍTULO 2

Ventilação Natural

CAPÍTULO 2: VENTILAÇÃO NATURAL

De acordo com Wassouf (2014), a arquitetura passiva é aquela que se adapta às condições climáticas do local em que está inserida e existe desde a Antiguidade. A partir das primeiras moradias construídas pelo homem, foi percebida a necessidade de aprimorar determinados aspectos construtivos das edificações de forma a aproveitar os recursos oferecidos pela natureza, como vento, sol e vegetação. De acordo com Freixanet e Viqueira (2004), o surgimento de vãos e janelas está associado com a necessidade de ventilar e iluminar, evitando a formação de mofo e umidade e criando condições para a saída de odores provocados pelas atividades cotidianas. Sendo assim, é possível dizer que o homem sempre enfrentou a necessidade de renovação do ar.

Entretanto, durante o século XX, com o avanço da industrialização, a experiência e o conhecimento adquiridos nos séculos anteriores, com a arquitetura vernacular, foram se perdendo. Dessa forma, surge, durante o pós-guerra, o Estilo Internacional, que, como o próprio nome sinaliza, poderia ser aplicado em qualquer lugar do mundo, sem considerar condicionantes locais como clima, cultura, entre outras (WASSOUF, 2014).

A crise do petróleo ocorrida nos anos 1970 levou a uma crise energética mundial e fez com que líderes mundiais repensassem a dependência desse combustível e buscassem novas formas de geração de energia, impulsionando diversas discussões e conferências sobre impactos ambientais e energéticos (MARCONDES, 2010). Todas estas questões se relacionam intimamente com a arquitetura e o urbanismo, pois atualmente 55% da população mundial vive em cidades (ONU, 2019) habitando e trabalhando em edificações, tornando de suma importância que os arquitetos entendam sua responsabilidade e repensem seus projetos.

Nesse contexto de minimização de impactos ambientais, destaca-se o papel fundamental da indústria da construção civil, visto que considerando a

construção e ocupação de edifícios, esse setor provoca um terço das emissões globais de CO_2 equivalente (WASSOUF, 2014), enfatizando, dessa forma, a urgente necessidade de projetar edifícios mais sustentáveis e energeticamente eficientes. Assim, ressurge a arquitetura bioclimática e a importância de saber projetar de acordo com o clima onde o projeto está inserido. Wassouf (2014) acrescenta que a ideia de edificações mais saudáveis, confortáveis e eficientes está cada vez mais presente no mundo todo.

Para esta pesquisa, destaca-se o vento, pois para que níveis aceitáveis de qualidade ambiental interna sejam mantidos, os poluentes e o calor gerado pelos usuários, equipamentos e atividades precisam ser removidos das edificações (BHAGAT e LINDEN, 2020). De acordo com diversos pesquisadores (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005; MARCONDES, 2010; ARAÚJO, 2010; FONTENELLE, 2016), a ventilação natural se configura como a estratégia bioclimática mais eficiente para prover conforto térmico nos espaços arquitetônicos localizados em clima predominantemente quente e úmido como o de grande parte do Brasil. Na Tabela 1 é possível observar algumas capitais brasileiras e suas respectivas necessidades de ventilação natural, considerando o ano todo ou apenas as horas de verão.

Tabela 1 - Percentual de necessidade de ventilação natural em algumas capitais brasileiras, durante as horas do ano e do verão.

Cidade	Necessidade de ventilação natural (% das horas do ano)	Necessidade de ventilação natural (% das horas de verão)
Belém	88,8	93,1
Brasília	17,3	36,3
Curitiba	6,8	19,9
Florianópolis	36,4	77,1
Fortaleza	85,8	92,3
São Luís	86,7	86,5
Maceió	76,4	84,9
Natal	84,2	88,7
Porto Alegre	23,3	59,0
Recife	67,8	76,2
Rio de Janeiro	60,9	78,0
Salvador	57,9	80,6
São Paulo	14,3	45,2

Vitória	60,9	87,4

Fonte: LAMBERTS et al., 2013.

Além do conforto térmico, essa estratégia contribui também para a renovação do ar, através da diluição da concentração do gás carbônico (FROTA e SCHIFFER, 2003; FIELD e CUTHBERT, 2019). A ventilação natural é, ainda, responsável pela dissipação da umidade do ar, reduzindo a necessidade de sistemas de condicionamento artificiais (MARCONDES, 2010; FIELD e CUTHBERT, 2019). Pesquisas realizadas em determinadas edificações apontaram que a maioria dos usuários prefere locais naturalmente iluminados e ventilados e que os ocupantes de edifícios comerciais sentem que sua produtividade aumenta quando eles possuem controle individual sobre o ambiente (CIBSE, 1994).

Ressalta-se, ainda, que, a partir de 2020, com a pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2, popularmente conhecimento como coronavírus, foi atribuída certa urgência sobre a importância do emprego da ventilação natural nas edificações, de forma a evitar a recirculação do ar nos ambientes internos e a contaminação facilitada do vírus (DAI e ZHAO, 2020). A Organização Mundial da Saúde (OMS) informou que a ventilação natural apresenta um papel relevante no combate ao coronavírus através do vídeo intitulado *Ventilation & COVID-19* (WHO, 2020) e da publicação *Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19* (WHO, 2021), ambos publicados em seu site como incentivo à comunidade mundial para a aplicação dessa estratégia.

A prefeitura de São Paulo através da Coordenadoria de Vigilância em Saúde (COVISA), publicou uma nota técnica com recomendações para estabelecimentos públicos e privados (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2020), onde a primeira medida inserida no documento foi "manter, preferencialmente, a ventilação natural do ambiente de trabalho". Além disso, cientistas e pesquisadores do mundo todo e de muitas áreas do conhecimento não mediram esforços para voltar suas pesquisas para o entendimento da propagação do vírus e contaminação e tratamento da doença. No âmbito

da arquitetura, alguns pesquisadores publicaram artigos sobre a influência da ventilação natural ou híbrida na dispersão do vírus, como Bhagat e Linden (2020) e Bhagat *et al.* (2020), e outros projetaram hospitais de campanha (BAGDASARIAN *et al., 2021)*, onde é nítida a importância da ventilação natural nesse cenário, dispondo de grandes aberturas e altas taxas de renovação do ar.

2.1) Vento e conforto

A ventilação natural pode ter duas finalidades em uma edificação: higiene e conforto térmico. A ventilação higiênica, como o próprio nome diz, tem a função de atender as necessidades de renovação do ar, a fim de assegurar a qualidade do ar, a salubridade e a higiene dos ambientes internos, garantindo a exaustão de CO_2, vapor d'água, odores e quaisquer outros agentes da construção ou das atividades humanas que possam ser nocivos aos usuários (WASSOUF, 2014).

Para localidades que apresentam clima quente, seja em parte do ano ou o ano todo, é importante que a ventilação natural seja utilizada para o conforto térmico. Essa climatização dos espaços internos pode acontecer tanto por meio de um resfriamento direto, quando o vento incide diretamente nos usuários, como por meio da dissipação do calor acumulado nas edificações (FREIXANET e VIQUEIRA, 2004).

O resfriamento fisiológico, onde o vento passa pelos ocupantes, absorvendo o calor por convecção e acelerando o processo de evaporação do suor causa uma sensação refrescante. Para os climas quentes e úmidos, onde o suor é determinante para o desconforto, mas a temperatura do ar dificilmente ultrapassa a do corpo humano, esse resfriamento fisiológico proporcionado pela ventilação natural é de extrema importância (NEVES, 2006). Entretanto, Prata (2005) ressalta que o conforto aborda, além dos parâmetros físicos, algumas questões subjetivas e inerentes a cada usuário, como raça, idade, estado de saúde, condições do corpo e da mente, definindo o grau de aclimatação do ocupante.

Vale lembrar que uma edificação em uso possui diversos ganhos de calor internos, devido a determinados equipamentos e atividades dos usuários, além dos ganhos através da envoltória em função da incidência de radiação solar. Dessa forma, e complementarmente ao resfriamento fisiológico, a ventilação natural também atua na remoção do ar mais quente do interior em substituição pelo ar mais frio do exterior, resfriando, assim, toda a construção.

É possível associar a ventilação natural com outras estratégias a fim de proporcionar conforto térmico em climas quentes e úmidos. Para altas taxas de ventilação, as janelas devem ser grandes, mas sombreadas, evitando a entrada de radiação solar direta. Além do sombreamento, é importante reduzir a absorção de calor através da refletância das superfícies externas. Neves (2006) acrescenta que é possível utilizar o formato e a topografia do terreno, bem como a vegetação e as estruturas presentes no entorno, para favorecer a ventilação natural e criar áreas sombreadas.

Na ventilação para o conforto, é importante que os fluxos de vento consigam atingir os ocupantes. Para isso, é necessário entender em que posição estão os usuários (deitados, sentados, em pé) para definir por onde o fluxo deve passar. Por exemplo, um movimento de ar que passa acima da altura da cabeça dos ocupantes não é muito útil para alcançar o conforto térmico dos usuários, pois não produz resfriamento fisiológico, já que o vento não está em contato com a pele (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005).

Dependendo do objetivo e da tipologia do projeto, os fluxos de ar podem ser direcionados ou distribuídos. Neves (2006) exemplifica que em um dormitório é interessante direcionar o vento para a cama, mas em uma sala de aula, esses fluxos devem ser distribuídos para atingir todos os alunos. O mesmo acontece para as outras edificações, onde é sempre importante analisar o que se pretende alcançar com o vento.

Lukiantchuki (2015) explica que esse resfriamento fisiológico depende da velocidade dos ventos e da temperatura do ar, visto que temperaturas mais altas podem ser amenizadas com fluxos de ventos mais rápidos. À

medida que a velocidade do ar aumenta, também aumenta o limite superior de conforto, com aparente redução da temperatura efetiva (NEVES, 2006). Sendo assim, é possível alcançar o conforto térmico, nas regiões norte e nordeste do Brasil, com velocidade do ar na ordem de 1 m/s, mesmo para as horas mais quentes do dia (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005). Freixanet e Viqueira (2004) tabelaram algumas velocidades de vento e seus possíveis efeitos nos ambientes internos e em seus ocupantes (Tabela 2).

Tabela 2 - Velocidades do ar e seus efeitos.

Velocidade (m/s)	Efeito Mecânico	Efeito no Usuário	Efeito de Resfriamento (°C)
0,10	Mínimo a nível residencial	É possível sentir sensação de sufocamento	0,0
0,25	A fumaça de cigarro aponta o movimento	O movimento é imperceptível em temperaturas mais altas	0,7
0,50	As chamas da vela apontam o movimento	Tem-se refrescamento em temperaturas mais altas, incomodando nas baixas	1,2
1,00	Os papéis soltos podem se movimentar. Corresponde à velocidade ao caminhar	Agradável em climas confortáveis ou quentes. A sensação de movimento é indiscutível.	2,2
1,50	Muito rápido para trabalho em escritórios, os papéis podem voar	Pode ser incômodo para temperaturas confortáveis	3,3
2,00	Corresponde à velocidade ao caminhar rápido	É aceitável apenas em situações muito quentes e úmidas	4,2

Fonte: FREIXANET e VIQUEIRA, 2004.

O limite máximo de velocidade do ar considerado como aceitável é de 2,5 m/s, podendo variar de acordo com diferentes autores. Entretanto, Bittencourt e Cândido (2005) alertam que esse limite não é baseado em questões fisiológicas de conforto, mas sim em problemas práticos, como desarranjos de cabelo. Em climas quentes e com altas taxas de umidade do ar, é normal que os usuários abstraiam as desvantagens de um vento mais forte, tendo em vista a vantagem do potencial de refrescamento.

Considerando tudo o que foi descrito até aqui relacionando a ventilação natural ao conforto térmico, é importante dizer que os fluxos de ar

em ambientes internos ocorrem pelas diferenças de pressão entre duas aberturas. Dessa forma, existem duas maneiras de viabilizar a ventilação para o conforto em uma edificação: a ventilação cruzada, pela ação dos ventos, e a ventilação por efeito chaminé, pela diferença de temperatura do ar. Dependendo do desenho do edifício e das condições climáticas, é possível que esses dois fenômenos ocorram sozinhas, em conjunto ou até em oposição (MARIN CASTAÑO, 2017). Vale ressaltar que o foco desta pesquisa será fornecido à ventilação pela ação dos ventos.

2.2) Ventilação cruzada

A ventilação cruzada acontece devido à diferença de pressão entre duas ou mais fachadas de uma edificação. Dessa forma, para ocorrer o sucesso dessa forma de ventilar, é necessário que haja duas ou mais janelas. Uma dessas aberturas precisa estar para a fachada com alta pressão, isto é, a barlavento, por onde o vento entra no ambiente, e a outra ou outras precisam estar localizadas nas fachadas com pressões mais baixas, a sotavento, por onde o vento sai, assim criando um fluxo de ventilação cruzada.

Lamberts *et al.* (2013) afirmam que essa é uma das técnicas de maior eficácia para a ventilação de um ambiente. Porém, o conhecimento da direção dos ventos predominantes e a posição correta das aberturas, principalmente daquelas a barlavento são essenciais para o sucesso do projeto. De acordo com Lukiantchuki (2015), é possível obter melhores condições de ventilação quando o ar precisa mudar de direção dentro do ambiente, pois isso gera uma distribuição mais uniforme do vento no ambiente. Também é possível controlar a velocidade do vento ou taxas de ventilação através do adequado dimensionamento das aberturas de entrada e saída.

Freixanet e Viqueira (2004) informam que quando a abertura de entrada é maior que a de saída, a efetividade dos fluxos de vento é menor; da mesma forma que uma abertura de entrada menor torna o sistema mais efetivo. Os

fluxos de vento também podem ser modificados com a inserção de subdivisões internas. Lukiantchuki (2015) atenta para o fato de que quando esta subdivisão se encontra próxima à abertura de entrada, a velocidade do vento sofre redução. Dessa forma, o ideal é, sempre que possível, afastar as paredes internas das janelas a barlavento.

Vale ressaltar também, que esse tipo de ventilação se torna ainda mais eficaz, do ponto de vista de velocidade e distribuição, em ambientes com aberturas em três fachadas diferentes, porém espaços com essa configuração em centros urbanos não são muito comuns (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005). Portanto, é de extrema importância pensar em todas as aberturas de um projeto e relacioná-las com as direções e frequências de vento do local, visto que ambientes que possuem apenas uma janela terão ventilação deficiente, do ponto de visto do conforto térmico (FREIXANET e VIQUEIRA, 2004). Na Figura 1 estão representadas as variações nos fluxos de vento de acordo com o posicionamento das aberturas nas fachadas.

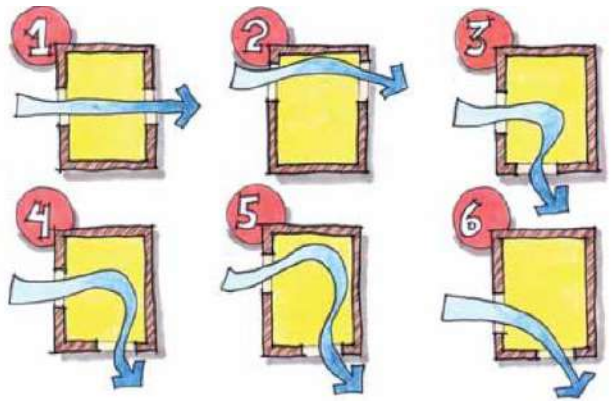


Figura 1 - Fluxos de vento em função do posicionamento das aberturas. Fonte: LAMBERTS *et al.*, 2013.

2.3) Ventilação por efeito chaminé

A ventilação por efeito chaminé ocorre devido à diferença térmica, isto é, à diferença de temperatura entre o ar interno e o externo. É sabido que no interior das edificações, o ar tende a se estratificar, fazendo com que o ar menos denso quente suba e o ar frio, mais denso, permaneça em regiões mais baixas (FREIXANET e VIQUEIRA, 2004). Ao se criar uma abertura na parte superior da edificação, no nível da cobertura ou acima dela, através de uma

chaminé ou torre, ocorre a exaustão desse ar quente e, consequentemente, maior movimentação de vento no interior do edifício. Quanto maior é a diferença de temperaturas e de altura entre as aberturas, maior será o efeito chaminé.

Freixanet e Viqueira (2004) alertam que para esse efeito funcionar, é importante que a temperatura interna seja maior que a externa, visto que a ideia é que o ar externo penetre pelas aberturas mais baixas do ambiente e o interno saia pelas aberturas mais elevadas. Neves (2006) acrescenta que o sucesso desse efeito depende também da organização e do tamanho das aberturas. O fluxo de ar produzido se torna mais intenso quando as aberturas, tanto de entrada quanto de saída, são do mesmo tamanho (LUKIANTCHUKI, 2015).

Neves e Roriz (2012) atentam para o fato de que em áreas muito urbanizadas, onde há muitos obstáculos que reduzem a velocidade do vento, o efeito chaminé é uma alternativa de projeto mais viável, visto que independe da velocidade dos ventos que chegam na fachada e cria uma corrente de ar forçada.

2.4) Estratégias passivas para ventilação natural

Para a movimentação do ar no interior das edificações, é essencial o projeto de uma geometria, com aberturas que favoreçam a entrada dos ventos (NEVES, 2006). Neves (2006) ressalta que construções abertas, com integração entre os espaços interior e exterior, tendem a favorecer os fluxos de ar em seus ambientes internos. Existem inúmeras estratégias, como peitoris ventilados, cobogós, brises, chaminés, torres e *sheds*, que serão abordadas nos parágrafos seguintes. Essas estratégias podem ser aplicadas em projetos arquitetônicos, observando a necessidade da edificação e particularidades climáticas do local.

2.4.1) Peitoril ventilado

O peitoril ventilado é um dispositivo composto por uma abertura, localizada abaixo da janela principal, protegida por um elemento, que pode ter diferentes formatos ou inclinações, mas geralmente se apresenta em forma de L invertido (OITICICA, 2010), conforme a Figura 2. Essa é uma estratégia particularmente interessante para climas quentes como o do Brasil, pois incrementa os fluxos de ar fornecidos pela esquadria convencional e apresenta um posicionamento útil para dormitórios e ambientes de trabalho, visto que viabiliza uma corrente de ar na altura de pessoas deitadas ou sentadas (LUKIANTCHUKI, 2015). Bittencourt e Cândido (2005) enfatizam outras vantagens desse dispositivo, como a proteção contra roubos e chuvas e a possibilidade de ser deixado aberto durante à noite, pois não traz tanta iluminação para o ambiente interno.

Figura 2 - Formas de peitoril ventilado. Fonte: OITICICA, 2010.

2.4.2) Beirais e *brises* horizontais

Elementos como beirais, *brises* horizontais e marquises localizados acima da abertura desempenham um papel importante na ventilação do interior, visto que conseguem redirecionar o ar para dentro dos ambientes (BITTENCOURT e CANDIDO, 2005). Além desse redirecionamento, esses elementos servem ainda como proteção solar (LAMBERTS *et al.*, 2013).

Quanto à velocidade do ar, Bittencourt e Cândido (2005) relatam que algumas pesquisas afirmaram que a velocidade do ar no interior do ambiente pode sofrer uma redução de 10 a 20%, dependendo do tamanho do elemento inserido. Entretanto, outras pesquisas apontam para um aumento

de velocidade, principalmente para os ventos que não são perpendiculares à fachada.

2.4.3) Painéis verticais

Além de elementos horizontais, também é possível utilizar painéis verticais para o redirecionamento do vento. Eles podem ser aplicados para bloquear parte da radiação solar que penetra os ambientes internos, servindo como brises verticais e sendo bastante apreciáveis em determinadas orientações. Em relação à ventilação natural, esses elementos são capazes de criar maiores diferenças de pressão na fachada, assim elevando as velocidades de vento (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005). Dependendo de como o sistema é instalado, é possível alterar a configuração do fluxo de ar interno. De acordo com Bittencourt e Cândido (2005), se a incidência do vento se apresentar de forma paralela à fachada, esse elemento pode atuar captando os ventos externos e aumentando a circulação do ar em ambientes com ventilação cruzada, conforme mostra a Figura 3.

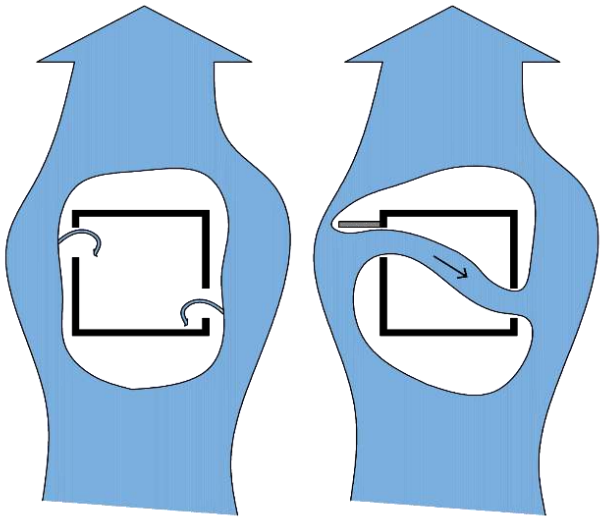


Figura 3 - Diferença de fluxos entre aberturas sem e com aproveitamento de painéis verticais. Fonte: Bowen, 1982, adaptado.

2.4.4) Cobogós

Ainda pensando em incrementar a ventilação natural no nível da fachada, destaca-se o cobogó. Os cobogós são elementos vazados que

protegem os ambientes da radiação solar direta e excessiva, permitindo ainda a passagem de ventos e luminosidade. De acordo com Araújo (2010), essa estratégia atua como um *brise* misto, com proteções horizontais e verticais, em escala reduzida. O uso de painéis constituídos por esses elementos é bastante difundido na região do nordeste brasileiro, visto que apresenta todos os benefícios mencionados a um custo mais baixo e facilidade de fabricação (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005). Na página seguinte, encontram-se dois projetos conhecidos pela utilização de cobogós, o Parque Guinle no Rio de Janeiro, projetado pelo arquiteto Lucio Costa (Figura 4) e a Caixa D'água de Olinda (PE), projeto do arquiteto Luís Nunes (Figura 5).

Figura 4 - Parque Eduardo Guinle (RJ). Fonte: ArchDaily, 2021.

Figura 5 - Interior da Caixa D'água de Olinda (PE). Fonte: Jan Ribeiro/Prefeitura de Olinda, 2021.

2.4.5) Lanternins

De acordo com Lamberts *et al. (2013),* o ar quente tende a subir e se acumular na parte mais alta dos ambientes da edificação. Dessa forma, a ventilação vertical é eficaz na remoção dessa massa de ar quente. Uma estratégia que pode ser utilizada com essa finalidade é o lanternim, que Bittencourt e Cândido (2005) também chamam de exaustão da cumeeira, pois se baseia no princípio de que a velocidade do ar nas cumeeiras, ponto mais alto do telhado, é maior, provocando diminuição de pressão e, assim, a sucção do ar interior. Normalmente, esse elemento possui abertura em ambos

os lados, facilitando uma ventilação cruzada através dele (Figura 6). É possível ainda instalar elementos vazados para a exaustão da cumeeira (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005), aliando, dessa forma, duas estratégias.

Figura 6 - Lanternins do Retiro Tagaste, em Ananindeua (PA). Fonte: LAMBERTS et al., 2013.

2.4.6) Chaminé solar

Outra estratégia que promove a exaustão da massa de ar quente em regiões mais elevadas da edificação é a chaminé solar. Esse sistema é composto por um duto com duas superfícies em paralelo, sendo que a inclinação desse duto deve ser pensada de acordo com a latitude do local e do ângulo de incidência dos raios solares, conforme a Figura 7. A superfície externa, por onde os raios solares entram, costuma ser de vidro simples (ou placas de policarbonato celular), já a parede interna, onde os raios incidem, é pintada de preto, a fim de se criar um efeito estufa (WASSOUF, 2014). O ar dessa região é aquecido, criando uma pressão negativa e intensificando a sucção do ar quente do interior dos ambientes e promovendo uma renovação de ar mais eficiente nas edificações (Figura 8). Esse sistema é especialmente adequado para regiões altamente adensadas e sem incidência de ventos fortes, visto que ele independe da velocidade do ar (WASSOUF, 2014; NEVES e RORIZ, 2012).

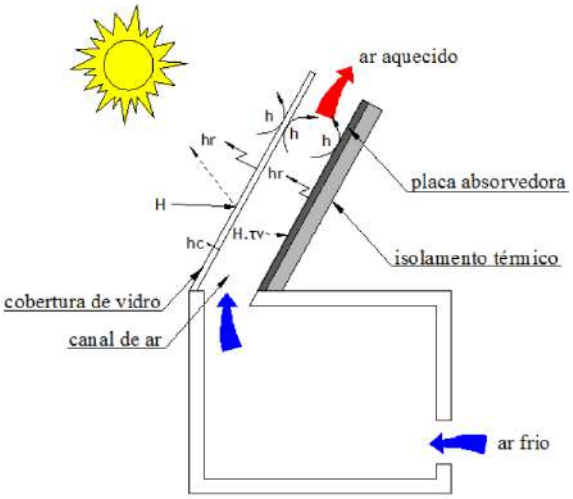


Figura 7 - Partes do sistema da chaminé solar.
Fonte: Neves e Roriz, 2012.

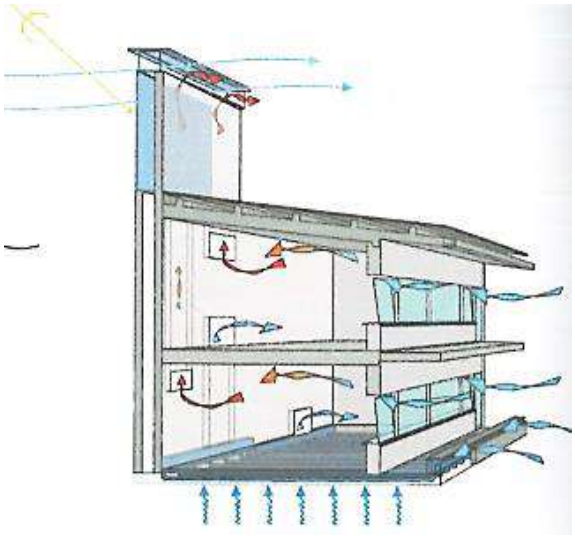


Figura 8 - Funcionamento da chaminé solar.
Fonte: Wassouf, 2014.

2.4.7) Torres de ventilação

As torres de ventilação constituem outra forma de captar o vento acima do nível do telhado (Figura 9). Bittencourt e Cândido (2005) explicam que essa estratégia tem sido bastante utilizada em países do Oriente Médio e África, que, além de possuírem um clima predominantemente quente e seco, apresentam muita poeira e areia no ar que está à altura das janelas, precisando, dessa forma, recorrer ao vento que passa numa altura mais elevada. Essas torres constituem um sistema bastante eficaz quando as temperaturas externas são muito elevadas (WASSOUF, 2014), visto que ao entrar nos dutos da torre de ventilação, o ar captado é resfriado e tem sua carga de poeira e areia reduzida (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005).

É importante ressaltar que esse elemento pode ser utilizado para a captação ou extração do ar, dependendo da sua abertura em relação aos ventos dominantes (LUKIANTCHUKI, 2015). Wassouf (2014) afirma que é possível que os dutos tenham essas duas funções simultaneamente, visto que o sistema pode se apresentar com uma divisão, criando um lado com pressão positiva, por onde o ar é captado, e um lado de pressão negativa, por onde o ar é extraído (Figura 10). Lamberts *et al.* (2013) alerta para a importância de se

respeitar uma diferença de altura de pelo menos 6 metros, tomando o cuidado necessário também para o posicionamento das aberturas.

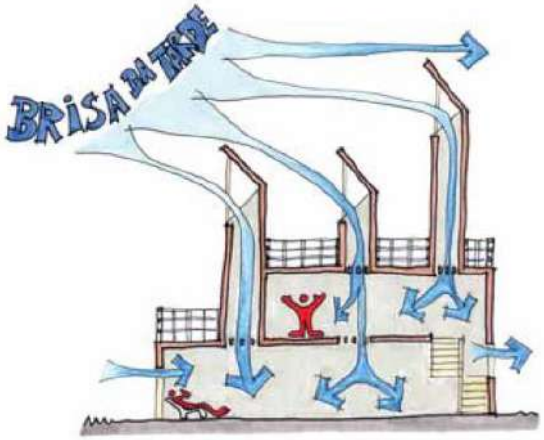


Figura 9 – Funcionamento das torres de ventilação no Paquistão. Fonte: LAMBERTS et al. (2013).

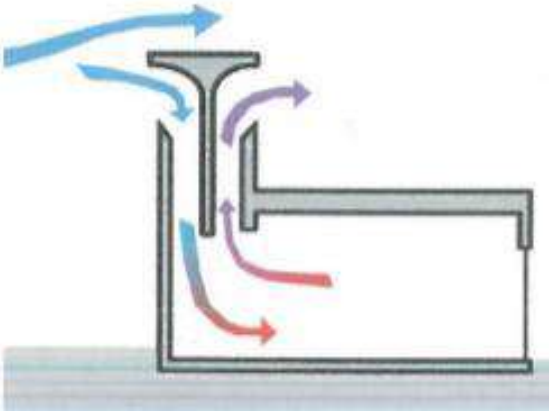


Figura 10 - Torre de ventilação com divisão interna para a captação e a extração. Fonte: Wassouf (2014).

2.4.8) *Sheds*

Da mesma forma que as torres de ventilação, os *sheds* são elementos que fazem a captação ou exaustão do ar no nível do telhado, podendo se tornar um importante aliado na promoção do conforto térmico em países de clima quente como o Brasil. Em países de climas frios, esses dispositivos são utilizados para o melhor aproveitamento da radiação solar, seja para iluminação ou aquecimento dos ambientes internos (LUKIANTCHUKI, 2015). Lukiantchuki (2015) relata que antes, esses elementos não possuíam formatos aerodinâmicos, mas conforme novas técnicas construtivas foram sendo desenvolvidas, houve a possibilidade de se atingir formas mais curvas e flexíveis (Figura 11). João Filgueiras Lima, o Lelé, foi o arquiteto brasileiro que mais propagou os benefícios dos *sheds* através de seus projetos (Figura 12).

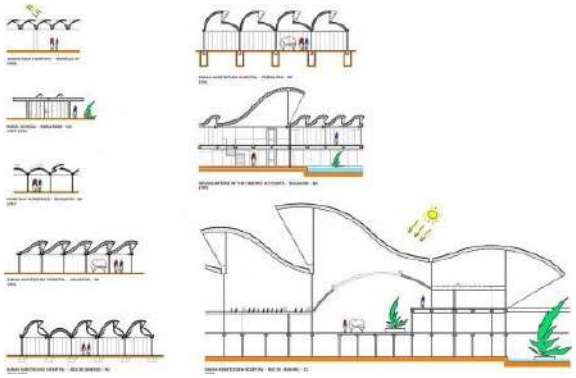


Figura 11 – Evolução dos *sheds* como sistema de ventilação natural. Fonte: Vitruvius, 2021.

Figura 12 - Hospital Sarah Brasília Lago Norte, refeitório dos funcionários. Fonte: Vitruvius, 2021.

O que deve determinar a escolha do tipo de esquadrias da edificação é a função de cada espaço. O projetista deve levar em consideração os aspectos ambientais básicos, como os fluxos de vento permitidos, a iluminação natural e o controle de chuva, ruídos e sol. Entretanto, Bittencourt e Cândido (2005) citam outros fatores decisivos para essa escolha, como as questões estéticas e financeiras, de privacidade e segurança e, ainda, a vista do exterior proporcionada ao usuário.

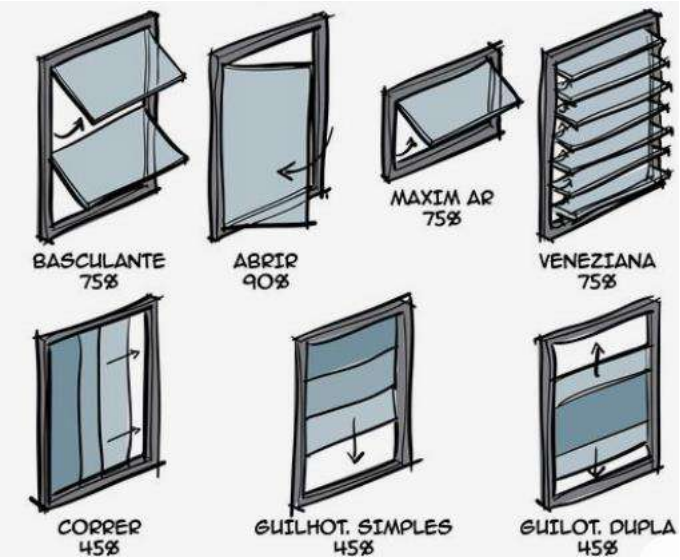


Figura 13 - Tipologias de janelas com porcentagens de abertura para ventilação. Fonte: Ugreen, 2021.

2.5) Formas de avaliar e quantificar a ventilação natural

A avaliação da ventilação natural em um edifício, seja por ação dos ventos ou por diferença de temperatura, bem como no meio urbano, pode

ser realizada de diversas maneiras. Aqui, foca-se no estudo dos fluxos por ação dos ventos, considerando a ventilação cruzada.

Como ponto de partida para a elaboração de um projeto que vise ao conforto térmico dos usuários através da ventilação natural, é importante conhecer a disponibilidade e a velocidade dos ventos no local, a fim de entender se é suficiente para resfriar as construções e favorecer o resfriamento fisiológico de seus ocupantes. A falta desse conhecimento específico pode conduzir a erros sobre o potencial de ventilação natural em determinado local (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005).

Com diagramas tipo rosa-dos-ventos, é possível conhecer algumas propriedades importantes do vento de um determinado local, como a velocidade e a direção. Dessa forma, a interpretação desse instrumento auxilia o projetista na tomada de decisões de um projeto, como orientação e colocação de aberturas.

Bittencourt e Cândido (2005) alertam que, apesar de ser comum utilizar uma média dos dados pesquisados para a tomada de decisão projetual, não é o ideal, pois a média não identifica situações como alta velocidade de vento no inverno e baixa no verão. Então deve ser observada a variação da velocidade e direção do vento ao longo do dia e ao longo do ano, relacionando esse estudo com o objetivo e a tipologia do projeto e com as condições climáticas locais.

Por outro lado, os dados de vento disponibilizados para os estudos de frequência, direção e velocidade são coletados em estações meteorológicas, normalmente instaladas em locais abertos, sem obstáculos ou interferência de edificações vizinhas, como aeroportos. Além disso, os dados são medidos em uma altura de 10 m do solo.

Entretanto, de acordo com Lukiantchuki (2015), ao passar por uma superfície, o vento sofre redução em sua velocidade e essa redução está relacionada com a força de atrito que é imposta pela rugosidade do terreno. Esse efeito gera a Camada Limite Atmosférica (CLA). Essa camada possui uma variação vertical da velocidade do ar, isto é, ela gera um gradiente de

velocidade, apresentando velocidades mais baixas próximo ao solo e aumentando em cotas mais elevadas (LUKIANTCHUKI, 2015). O tamanho dos obstáculos influencia nesse gradiente vertical, portanto, em campos abertos a velocidade do vento nas proximidades do solo é mais elevada do que em centros urbanos (Figura 14).

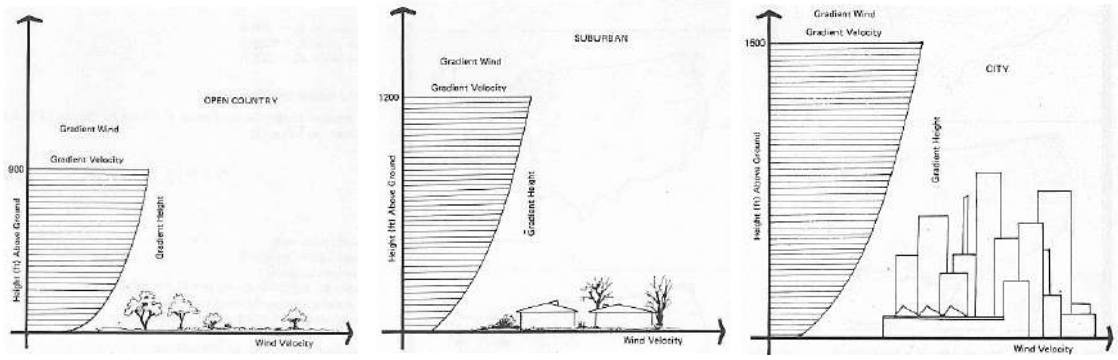


Figura 14 - Gradientes de velocidade no campo, subúrbio e centro da cidade. Fonte: MELARAGNO, 1982 *apud* PRATA, 2005.

Assim sendo, como os dados de vento são coletados nas condições aqui descritas, é necessário realizar a correção dessas informações para o meio urbano, visto que essa rugosidade altera o perfil do vento. De acordo com Bittencourt e Cândido (2005), com a Equação 1 é possível corrigir a velocidade do vento em função dos coeficientes de rugosidade do terreno, que, por sua vez, encontram-se na Tabela 3.

Equação 1 - Correção do perfil de vento de acordo com a rugosidade do terreno.

$$V = V_{ref} \cdot k \cdot z^{a}$$

Onde:

V = velocidade de vento corrigida na altura da abertura de entrada (m/s)

V_{ref} = velocidade do vento coletado na estação meteorológica (m/s)

k, a = coeficientes de acordo com a rugosidade do terreno

z = altura da abertura em edifícios altos ou da cumeeira em casas até dois andares (m)

Tabela 3 - Valores de k e a.

Localização da edificação	k	a
Campo aberto plano	0,68	0,17
Campo com alguns obstáculos	0,52	0,20
Ambiente urbano	0,35	0,25

Centro da cidade	0,21	0,33

Fonte: LAMBERTS et al., 2013; BRE apud BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2005

Para definir o fluxo de ar que atravessa um ambiente, quando a ventilação é por diferença de pressão, ou seja, cruzada, Lamberts *et al.* (2013) utilizam a metodologia britânica, proposta pelo *British Standards Institution* (BSI), e apresentam a seguinte Equação 2.

Equação 2 - Fluxo de ar que atravessa um ambiente, de acordo com a metodologia britânica.

$$Q = 0{,}6 \cdot A_J \cdot V \cdot \sqrt{\Delta C_p}$$

Onde:

Q = fluxo de ar com ventilação cruzada (m^3/s)

A_J = área equivalente da abertura (m^2)

V = velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar (m/s)

ΔC_p = diferença entre coeficientes de pressão do vento

A área equivalente da abertura (A_J) pode ser calculada pela Equação 3.

Equação 3 - Área equivalente da abertura

$$\frac{1}{A_J^2} = \frac{1}{(\sum A_{ENTRADA})^2} + \frac{1}{(\sum A_{SAÍDA})^2}$$

Onde:

$A_{ENTRADA}$ = área de entrada do fluxo de ar (m^2)

$A_{SAÍDA}$ = área de saída do fluxo de ar (m^2)

É necessário, ainda, calcular as reduções provocadas pelo espaço entre as edificações, de acordo com o ângulo de incidência do vento nas aberturas. Para obter essa quantificação, utiliza-se a diferença entre os coeficientes de pressão do vento (ΔC_p). Definir esses valores de C_p é um processo fundamental para o correto dimensionamento das aberturas (CÓSTOLA, 2006).

Existem diversas formas de obter esses coeficientes de pressão, como ensaios em túneis de vento de camada limite atmosférica e dinâmica dos fluidos computacional (do inglês, *Computational Fluid Dynamics* – CFD). Essa última ferramenta será melhor apresentada nesta seção e no Capítulo 5. É possível ainda, utilizar os valores de C_p disponíveis na bibliografia. Entretanto, Cóstola (2006) alerta que a adoção desses valores somente se justifica durante a fase de estudo preliminar do projeto, visto que pode acarretar erros de sub ou superdimensionamento, a depender do caso.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de diferenças entre os coeficientes de pressão do vento para casas em campo aberto. Observa-se que existe diferença desses valores dependendo do ângulo de incidência do vento em relação à normal da abertura.

Tabela 4 - Diferenças entre os coeficientes de pressão do vento para casas em campo aberto.

Ângulo de incidência (θ)	**Diferença entre os coeficientes de pressão do vento (ΔC_p)**
$0 \leq \theta \leq 30°$	1,2
$30° < \theta \leq 90°$	$0,1 + 0,0183 \cdot (90 - \theta)$

Fonte: LAMBERTS *et al., 2013.*

Outra forma de calcular o fluxo de ar é a metodologia adotada pela Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (do inglês, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – ASHRAE), presente no *Handbook Fundamentals* (2001), e em suas atualizações posteriores, e apresentada por diversos autores (TOLEDO, 2001; FREIXANET e VIQUEIRA, 2004; MATOS, 2007), conforme a Equação 4.

Equação 4 - Fluxo de ar que atravessa um ambiente, de acordo com a metodologia da ASHRAE.

$$Q = C_v \cdot A_e \cdot v$$

Onde:

Q = taxa de ventilação (m^3/s)

C_v = efetividade das aberturas

A_e = área livre da abertura de entrada do vento (m^2)

v = velocidade do vento (m/s)

O valor da efetividade das aberturas (C_v) depende, aqui, da incidência do vento na abertura. Para ventos perpendiculares, adota-se de 0,5 a 0,6 e para ventos que incidem na fachada de forma oblíqua, adota-se de 0,25 a 0,35. Matos (2007) complementa que as aberturas de entrada devem estar voltadas para a direção dos ventos predominantes, senão os cálculos resultarão em valores superestimados. Se as aberturas de entrada e saída não apresentarem dimensões iguais, é estabelecido um fator de relação (fr) entre as aberturas de entrada e saída, aplicado na Equação 5, com valores expostos na Tabela 5 definindo assim a efetividade das aberturas.

Equação 5 - Efetividade das aberturas em função do fator de relação entre entrada e saída.

$$C_V = 0{,}6 \cdot fr$$

Onde:

C_v = efetividade das aberturas

fr = fator de relação

Tabela 5 - Valores do fator de relação (fr) em função da proporção entre as aberturas de entrada e saída.

Área de saída/Área de entrada	Fator de relação (fr)
5:1 = 5,00	1,40
4:1 = 4,00	1,38
3:1 = 3,00	1,35
2:1 = 2,00	1,27
1:1 = 1,00	1,00
3:4 = 0,75	0,86
1:2 = 0,50	0,63
1:4 = 0,25	0,35

Fonte: FREIXANET e VIQUEIRA, 2004.

Depois que conhecemos os valores de vazão, isto é, o fluxo de ar que passa por uma abertura, é possível calcular as taxas de renovação do ar no ambiente, em números de troca por hora, através da Equação 6, apresentada por Freixanet e Viqueira (2004), Bittencourt e Cândido (2005) e Lamberts *et al.* (2013).

Equação 6 - Número de trocas de ar por hora

$$N = \frac{Q \cdot 3600}{V}$$

Onde:

N = taxa de renovação de ar/hora (número de renovações/hora)

Q = fluxo/vazão do ar (m^3/s)

V = volume do ambiente (m^3)

Essa é a maneira que se tem de quantificar o número de substituições da massa de ar no ambiente em um determinado intervalo de tempo. Uma renovação mínima é importante para garantir a qualidade do ar e a saúde dos ocupantes. Entretanto, de acordo com Lukiantchuki (2015), para climas quentes e úmidos, onde é essencial uma ventilação para o conforto térmico através da refrigeração dos espaços, esse parâmetro serve apenas como indicador da qualidade do ar. Na Tabela 6 estão dispostos alguns valores de renovação do ar, mínimos e recomendados, apresentados pela ASHRAE (1977 *apud* FREIXANET e VIQUEIRA, 2004), para habitações unifamiliares.

Tabela 6 - Fluxo de ar por ocupante sugerido pela ASHRAE para habitações unifamiliares.

Ambiente	**Fluxo de ar por ocupante**			
	Mínimo		**Recomendado**	
	L/s	**m^3/h**	**L/s**	**m^3/h**
Áreas em geral, salas, quartos, etc.	2,5	9,0	3,5 – 5,0	12,6 – 18,0
Cozinha e Banheiros	10,0	36,0	15,0 – 25,0	54,0 – 90,0

Fonte: ASHRAE, 1977 *apud* FREIXANET e VIQUEIRA, 2004

Existem outras ferramentas que auxiliam a avaliar a ventilação natural em edificações, como programas de Dinâmica dos Fluidos Computacional, ensaios em túnel de vento e mesas d'água. Nesta pesquisa, foca-se na primeira ferramenta.

De acordo com Trindade *et al.* (2010), os *software* para o estudo dos fluxos de vento surgiram como uma demanda da indústria aeroespacial entre as décadas de 1960 e 1970. Esses programas evoluíram ao longo dos anos e

hoje são utilizados para diferentes áreas, sendo a arquitetura um campo de aplicação mais recente.

Pensando no ambiente construído, as simulações baseadas em CFD permitem o estudo de espaços urbanos e de fluxos em ambientes internos, incluindo a predição da ventilação natural, e ainda outras análises como qualidade do ar e ventilação de sistemas mecânicos e de exaustão (TRINDADE *et al., 2010)*. Prata (2005) destaca que apesar dos programas de CFD possuírem interfaces amigáveis ao usuário, eles requerem conhecimentos mais aprofundados dos fenômenos que envolvem a dinâmica de fluidos para que a ferramenta seja adequadamente utilizada.

Existem alguns programas CFD disponíveis, como ANSYS CFX, FLUENT, PHOENICS, OpenFoam, entre outros. De acordo com Cóstola (2006), todos apresentam basicamente os mesmos recursos e estão baseados nas equações de Navier-Stokes, que descrevem as conservações da massa, momento e energia nos escoamentos. Para esta pesquisa, será utilizado o *software ANSYS* CFX, visto que há uma licença disponível no Laboratório de Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Ergonomia (LABAUT) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU USP).

Assim sendo, o *ANSYS CFX* é um *software* de dinâmica de fluidos computacional que proporciona flexibilidade, precisão e ampla aplicação. Pode ser utilizado para simulação de máquinas, bombas, ventiladores, compressores e turbinas a gás e hidráulicas, fornecendo soluções confiáveis com rapidez (ANSYS, 2020). A simulação para a avaliação de ventilação natural é realizada em cinco etapas organizadas na plataforma *Workbench* (Figura 15), presente no mesmo *software*.

A primeira é a modelagem da geometria (*Geometry*) a ser analisada. A segunda é a elaboração da malha (*Mesh*), onde é incluída a definição das partes do modelo (*parts*[1]). A terceira é a determinação das condições iniciais

[1] A fim de facilitar o pré-tratamento do modelo, é realizado o agrupamento das superfícies que receberão as mesmas condições de contorno em *parts* (LUKIANTCHUKI, 2015).

(*Setup*), como a velocidade de entrada e de saída, bem como informações de rugosidade. Após, é feita a simulação (*Solution*) e a quinta etapa se configura na visualização dos resultados (*Results*). No Capítulo 5, o fluxo de utilização do programa será aprofundado.

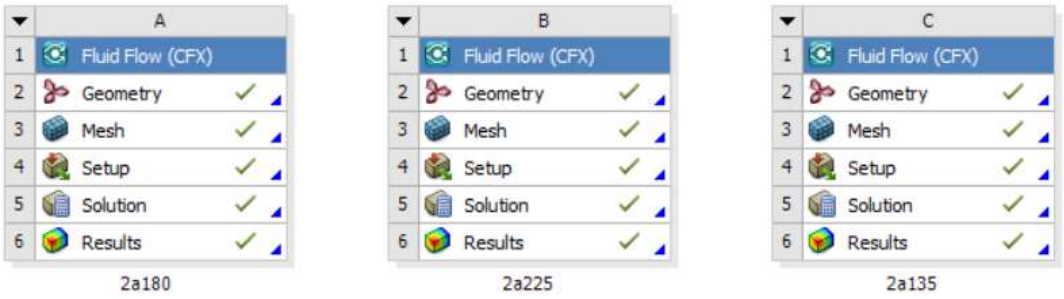


Figura 15 - Organização da plataforma *Workbench* com as etapas de simulação de um elemento, com 3 direções de incidência de vento. Fonte: Acervo próprio, 2021.

2.6) Ventilação natural em normativas brasileiras

Algumas normas de ventilação, principalmente as internacionais, consideram que se deve prover um mínimo de renovações de ar para o ambiente interno e que essas podem ser alcançadas com a infiltração de ar através de portas e janelas (MONTEZUKI, 2009). Entretanto, como já visto, para a maior parte das regiões brasileiras esse parâmetro não pode ser aplicado. Cóstola (2006) acrescenta que a ventilação tem um significado diferente para climas quentes e frios, visto que para os climas quentes há a necessidade de uma ventilação de conforto e não apenas higiênica.

Montezuki (2009) categoriza as normas de ventilação em duas: normas prescritivas e normas de desempenho. As prescritivas consideram os aspectos da ventilação através da determinação de dimensões mínimas para as aberturas. Esse é o caso das normas brasileiras. Entretanto, de acordo com o mesmo autor, as normas têm sido revisadas a fim de abordar as questões da ventilação de forma mais física, de modo que os requisitos sejam comprovados através de formulações empíricas ou simulações computacionais. Essas normas se apresentam na categoria de normas de desempenho. Vale enfatizar que apesar da norma brasileira ABNT NBR 15575

(2013) ser relativa a desempenho de edificações residenciais, para a avaliação da ventilação natural, ela utiliza uma abordagem prescritiva.

2.6.1) ABNT NBR 15220-3:2005

A ABNT NBR 15220 (2005) é uma norma composta de 5 partes sobre o desempenho térmico de edificações. Na Parte 3 desse documento é apresentado o zoneamento bioclimático brasileiro e suas diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

A norma divide o território brasileiro em oito regiões bioclimáticas. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cada região teria condições climáticas relativamente homogêneas e, portanto, diretrizes projetuais focadas no conforto térmico semelhantes. Na Figura 16, encontra-se o mapa do Brasil com a divisão por zonas bioclimáticas. É possível notar que a zona 8, apresentando clima quente e úmido o ano todo, abrange grande parte do território nacional (53,7%), concentrando-se principalmente nas regiões Norte e Nordeste, mas também abrangendo cidades como Rio de Janeiro e Vitória.

Essa divisão do território nacional, que é tão extenso, em apenas oito zonas, acaba dotando a norma de um caráter reducionista, visto que as regiões de fronteira, que misturam características de duas ou mais zonas, ficam com suas diretrizes imprecisas. É o exemplo de Marabá (PA), que tem o clima diferente da capital do estado, Belém, e se encontra na mesma zona bioclimática (zona 8), o mesmo ocorre para muitas outras cidades.

Em termos de ventilação natural, o parâmetro analisado é apenas o tamanho das aberturas, divididas em pequena, média e grande. A primeira deve apresentar um tamanho de 10 a 25% da área do piso, a segunda de 15 a 40% e a terceira acima de 40%, de acordo com a Tabela 7. A norma apenas menciona, em seus anexos, que se deve atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, visto que a configuração urbana pode alterar significativamente a direção dos ventos.

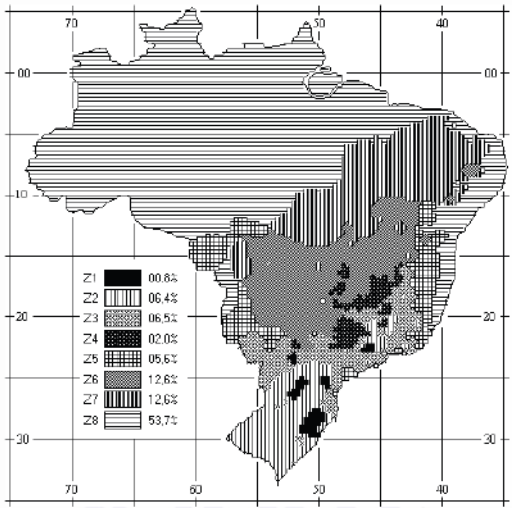


Figura 16 - Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: ABNT, 2005.

Tabela 7 - Diretrizes abordadas na ABNT NBR 15220 (2005) para ventilação natural.

Zona	Tamanho da Abertura	Diretriz de Ventilação	Cidade (Exemplo)
1	Média	Sem Diretriz	Curitiba (PR)
2	Média	Ventilação Cruzada	Pelotas (RS)
3	Média	Ventilação Cruzada	São Paulo (SP)
4	Média	Ventilação Seletiva[2]	Brasília (DF)
5	Média	Ventilação Cruzada	Leopoldina (MG)
6	Média	Ventilação Seletiva	Goiânia (GO)
7	Pequena	Ventilação Seletiva	Imperatriz (MA)
8	Grande	Ventilação Cruzada	Belém (PA)

Fonte: ABNT, 2005.

Cóstola (2006) afirma que esse direcionamento é questionável, visto que ignora diversos aspectos importantes para um bom desempenho da ventilação, como obstruções externas ao vento, geometrias e posição das aberturas, elementos como venezianas, brises e telas, que limitam a passagem de vento, mesmo que a abertura seja grande, entre outros. Dessa forma, cabe ao projetista entender o clima em que está trabalhando para direcionar as diretrizes para o conforto térmico do usuário.

2.6.1) ABNT NBR 15575:2013

A ABNT NBR 15575 (2013) é a norma brasileira de desempenho de edificações habitacionais. Todos seus requisitos são apresentados em seis

[2] Segundo a norma ABNT NBR 15220, a ventilação seletiva é aquela que só permite a entrada de vento no ambiente quando a temperatura interna ultrapassar a externa (ABNT, 2005).

partes: requisitos gerais, requisitos para os sistemas estruturais, requisitos para os sistemas de pisos, requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, requisitos para os sistemas de coberturas e requisitos para os sistemas hidrossanitários. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2013), a norma deveria ter entrado em vigor no ano de 2010, porém o texto original apresentava exigências que não estavam de acordo com a realidade econômica brasileira. Dessa forma, o documento foi revisado, entrando em vigor no ano de 2013.

Na parte 4 da norma (Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas), um dos requisitos de desempenho térmico diz respeito às aberturas para ventilação. O documento relaciona o tamanho das aberturas com a área do piso e traz a divisão bioclimática da ABNT NBR 15220 (2005). Para as zonas de 1 a 7, o tamanho da abertura deve se apresentar com o mínimo de 7% da área de piso. Já para a zona 8, a abertura mínima sobe para 8% em edificações do Nordeste e Sudeste e para 12% na região Norte do país. Esse requisito é aplicado apenas para ambientes como salas e dormitórios, classificados como locais de longa permanência. Bogo (2016) atenta para o fato de não ter sido fornecida atenção especial àqueles ambientes geradores de gases, odores e vapor d'água, como banheiros e cozinhas.

Vale ressaltar que Toledo (2001) analisou outras metodologias para o dimensionamento de aberturas para entrada de vento e concluiu que a metodologia que tem como critério a utilização da área de piso, utilizada nas duas normas brasileiras disponíveis, não garante o desempenho térmico desejável para os ambientes internos, principalmente ao se tratar de climas quentes e úmidos, pois não considera as variáveis envolvidas no fenômeno da ventilação natural.

Destaca-se nesta pesquisa que, apesar de todas as vantagens oferecidas pela ventilação natural e todas as possibilidades de aproveitamento desse recurso, apresentadas neste capítulo e nos itens que o compreendem, Bittencourt e Cândido (2010) evidenciam que uma das maiores fontes de desperdício em regiões de climas tropicais resulta da

utilização de sistemas de ar-condicionado em edificações que poderiam ser naturalmente ventiladas. Claramente, ainda existe uma grande barreira para o uso da ventilação natural em grandes centros urbanos, visto que o número de edifícios utilizando os sistemas mecânicos para resfriamento seguem crescendo drasticamente (LUKIANTCHUKI, 2015).

Gonçalves e Marcondes-Cavaleri (2015) afirmam que esse fato está relacionado ao uso intenso de veículos automotores, que comprometem a qualidade ambiental urbana, através de ruídos e poluição do ar. Bittencourt e Cândido (2005) e Wassouf (2014) enfatizam a questão da entrada de ruídos como uma barreira importante para a escolha da ventilação natural como estratégia passiva de resfriamento.

Portanto, torna-se imprescindível a revisão bibliográfica dos aspectos relacionados à acústica de edificações e da interrelação entre a ventilação natural e a acústica, assuntos abordados nos capítulos que seguem.

CAPÍTULO 3

Acústica

CAPÍTULO 3: ACÚSTICA

Desde a Antiguidade, com os teatros gregos e romanos, a acústica se destaca como um importante elemento de projeto. Naquela época, ainda não existia a acústica como disciplina. Patrício (2018) relata que, assim como todas as ciências, a acústica era associada a conceitos filosóficos e místicos. Entretanto, com o desenvolvimento da arquitetura, alguns conhecimentos foram apreendidos através da observação.

Conforme SOUZA *et al.* (2012) enfatizam, através dos teatros gregos, foi possível aprender como a plateia em formato semicircular conseguia ser mais eficiente na distribuição do som e como o aproveitamento da topografia do terreno aproximava o público do palco, proporcionando maior captação sonora para quem assistia aos espetáculos (Figura 17). Com os teatros romanos, os projetistas perceberam que, ao aumentar as construções que se localizavam atrás do palco, havia um reforço sonoro, proporcionado pelas reflexões e difusões, devido ao excesso de detalhes.

Já na Idade Média, com o fortalecimento do Cristianismo, o local que passou a ser mais frequentado não era mais os teatros a céu aberto, mas sim as igrejas fechadas. As igrejas medievais, como é sabido, foram construídas em grandes escalas, com pés direitos bem elevados e sempre com materiais como a pedra, que é bastante reflexiva do ponto de vista acústico (Figura 18). Foi percebido que esses locais possuíam muita sobreposição sonora, auxiliando, assim, o desenvolvimento da música naquela época (SOUZA *et al.*, 2012).

O Renascimento e o Barroco trouxeram alguns problemas a serem resolvidos, com a revalorização dos teatros, que resgataram algumas características clássicas, porém em locais fechados, trazendo um grande número de reflexões sonoras. Além disso, surgiu a ópera e o palco ficou pequeno para abrigar toda a orquestra e os cantores. Como forma de resolver

o problema de espaço, a orquestra começou a ser posicionada embaixo do palco, criando mais problemas acústicos.

Assim sendo, no fim do século XVII, a acústica começa a aparecer como disciplina, com as primeiras ideias de ligar a altura de som com o número de vibrações que a fonte estabelecia (PATRÍCIO, 2018). Isso traz ao espaço teatral diversas modificações em relação a sua organização espacial. Nesse momento, a hierarquia social não permitia mais que alguns locais fossem mais prejudicados acusticamente, assim, começa-se a buscar homogeneidade de recepção sonora (SOUZA *et al.,* 2012).

Figura 17 - Teatro grego de Herodes, em Atenas.
Fonte: Acervo pessoal, 2014.

Figura 18 - Interior da Igreja Notre Dame de Paris.
Fonte: Acervo pessoal, 2011.

Se levar em consideração o período que antecede as duas guerras mundiais, foi em 1877 que o estudo da acústica atingiu o seu momento mais importante, com a "Teoria do Som", escrita por Rayleigh, que estabeleceu as bases da acústica como ciência. Nesse período do fim do século XIX e início do XX, as telecomunicações também proporcionaram o avanço dos estudos científicos em acústica. Entretanto, é a partir do fim da segunda guerra mundial que a acústica começa a se desenvolver de forma mais acelerada (SOUZA *et al.,* 2012), definindo-se como a ciência que estuda o som, suas propagações, suas relações com o ser humano e seus efeitos (PATRÍCIO, 2018). Hoje, são muitas as aplicações da acústica, seja na física, na medicina, na engenharia ou na arquitetura.

No Brasil, mais especificamente, existe a hipótese, levantada por Queiroz (2007) de que houve uma queda da qualidade do isolamento sonoro das fachadas em edificações residenciais, considerando o período desde o início da colonização pelos portugueses, onde os padrões de habitações lusitanas foram aqui replicados, até os dias de hoje. Isso ocorre devido à alteração de características significativas apresentadas pela arquitetura colonial, como paredes grossas, com aproximadamente 60 cm de espessura e janelas pesadas de madeira maciça (QUEIROZ, 2007). Na arquitetura brasileira, existe uma forte tendência de apresentar aberturas cada vez maiores, acompanhadas de janelas com esquadrias de vidro simples, e fechamentos cada vez mais leves e menos espessos.

Por outro lado, observa-se que nas grandes cidades brasileiras, assim como na maioria das grandes cidades do mundo, há uma alta degradação dos ambientes urbanos, em razão das elevadas taxas de ocupação do solo e das grandes concentrações de atividades. Moraes (2002) aponta o aumento das fontes produtoras de ruído como um dos fatores intensificadores desta degradação, consequência de uma administração pública omissa, que não estabelece medidas preventivas e educadoras para os principais poluidores do espaço urbano. A poluição sonora provocada pelo ruído de tráfego viário e por outras fontes relacionadas à urbanização impacta de forma prejudicial e crescente não apenas o ambiente urbano das cidades brasileiras, mas do mundo todo (KANG, 2006).

Dessa forma, o ruído é considerado um dos principais poluentes ambientais existentes hoje, afetando negativamente a saúde dos habitantes das cidades (BAJRAKTARI *et al*., 2015; TONG *et al*., 2015; SIMÕES, 2011) e se tornando objeto de um número de estudos cada vez maior. De acordo com Souza *et al.* (2012), os prejuízos causados ao ser humano devido à exposição ao excesso de ruídos vão além das lesões ao aparelho auditivo, podendo ser tanto físicos como psicológicos. Como efeitos físicos, os autores apontam a conhecida perda auditiva até surdez permanente, e ainda: dores de cabeça, fadiga, distúrbios cardiovasculares, distúrbios hormonais, gastrites, disfunções

digestivas, alergias, entre outros. Quanto aos efeitos psicológicos, tem-se perda de concentração e de reflexos, irritação permanentes, perturbações do sono, sensação de insegurança, entre outros.

Os efeitos acima citados geralmente afetam o corpo humano de forma lenta e gradativa, por isso acabam não sendo associados diretamente ao excesso de exposição a ruídos (QUEIROZ, 2007). Moraes aponta ainda que esses danos são consequência da análise superficial do problema, incluindo a conclusão imponderada de que os ruídos não exigem tanta atenção por não serem letais (MORAES, 2002). Entretanto, Patrício (2018) compara a perda de audição a um acontecimento tão importante quanto a perda de visão, visto que ambos fazem parte dos sentidos humanos.

Com o acelerado crescimento das cidades e sociedades cada vez mais urbanizadas, somados a um planejamento urbano ineficaz, a tendência é o agravamento destes problemas (FINEGOLD *et al*., 2011). Além disso, há algumas décadas, foi iniciado um movimento de projeto de fachadas herméticas para se atingir o conforto térmico e o acústico, isto é, os arquitetos começaram a inserir em seus projetos janelas com classificação elevada no que se refere à permeabilidade e estanqueidade, evitando possíveis pontes acústicas e térmicas (MORAES, 2002). Entretanto, a construção de edificações cada vez mais herméticas favorece o surgimento de certas patologias, ocasionadas por umidade e condensação, não garantindo uma qualidade de ar adequada no ambiente interno (MORAES, 2002). Além disso, o fechamento das janelas para evitar a entrada de ruído exige a utilização do ar-condicionado, elevando o consumo energético (SIMÕES, 2011) e, consequentemente, o impacto ambiental.

3.1) Som e seus efeitos

Devido ao aumento de fontes sonoras no meio urbano e ao conhecimento sobre o impacto do ruído na saúde dos seres humanos, o estudo do som tem assumido uma importância cada vez maior (PATRÍCIO, 2018). Simões (2011) ressalta que o assunto vem sendo discutido em

importantes congressos internacionais relacionados ao controle do ruído, revelando a preocupação da academia com a queda da qualidade de vida em grandes centros urbanos. Esse quadro reflete, ainda, a conscientização das sociedades para a importância da preservação da qualidade do local em que vivem, fazendo com que essa questão deixe de ser um privilégio das classes mais informadas e passe a fazer parte das preocupações do cidadão comum de forma crescente (PATRÍCIO, 2018).

Com a finalidade de facilitar o entendimento dos resultados deste trabalho, é importante que sejam abordadas aqui algumas propriedades do som. Sendo assim, o som é a sensação produzida no sistema auditivo, através da vibração de um objeto, entendido como fonte sonora. Esse objeto movimenta as partículas de ar no entorno, submetendo-as a sucessivas compressões e rarefações, provocando variações na pressão atmosférica, às quais o ouvido humano apresenta extrema sensibilidade para detectar (BISTAFA, 2018). Para que exista a propagação do som, é necessário um meio, sendo o ar o mais comum (SIMÕES, 2011). SOUZA *et al.* (2012) acrescenta que o som que é percebido pelo aparelho auditivo é a composição do som direto com as várias reflexões sofridas pelas ondas sonoras.

Já o ruído é aquele som entendido de forma desagradável pelo receptor, isto é, um som incômodo e sem conteúdo informativo (PATRÍCIO, 2018). Souza *et al.* (2012) definem o ruído como o som indesejável à atividade de interesse, mesmo que seja uma música. Todavia, Bistafa (2018) acrescenta que o ruído pode trazer informações úteis, como é o caso de alarmes, sirenes e cliques de máquinas. Todos os autores citados concordam que a percepção do ruído é subjetiva, pois depende também da atitude e atenção do receptor em relação àquele som naquele momento específico. Dependendo das características e posição da fonte, os ruídos podem ser aéreos, quando se origina no ar, ou de impacto, quando resulta de vibrações realizadas diretamente sobre uma estrutura (SOUZA *et al.*, 2012).

A propagação do som é o percurso realizado pelas ondas sonoras até essas atingirem o receptor. A velocidade de propagação do som depende

do meio. De forma geral, quanto mais denso o material, maior a velocidade, conforme Tabela 8.

Além da velocidade de propagação, as características de um som dependem da sua frequência e amplitude. A frequência é a quantidade de ciclos de uma onda sonora por um segundo, expressa, assim, em Hertz (Hz). Os sons de baixas frequências, com menor número de oscilações temporais, são percebidos como graves e os de altas frequências, com maior número de oscilações por unidade de tempo, como sons agudos (SOUZA *et al.,* 2012). Vale ressaltar que o sistema auditivo humano, considerando uma pessoa com audição normal, consegue detectar sons com frequências de 20 Hz a 20 kHz, espectro conhecido como "faixa audível" (BISTAFA, 2018). Abaixo de 20 Hz estão os infrassons e acima de 20 KHz se encontram os sons conhecidos como ultrassons, esses sons são inaudíveis ao ser humano (Figura 19).

Tabela 8 - Velocidade de propagação do som em m/s de acordo com o meio.

Meio de Propagação	Velocidade de Propagação (m/s)
Ar	340
Água	1460
Madeira	1000 a 5000
Concreto	4000
Aço	4700 a 5100
Vidro	5000 a 6000
Chumbo	1320
Borracha	40 a 150

Fonte: SIMÕES, 2011

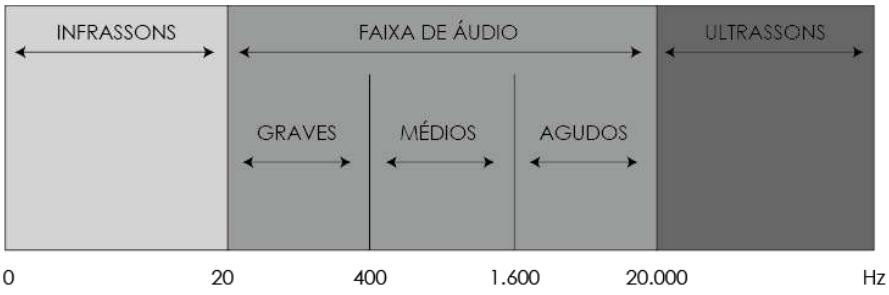


Figura 19 - Espectro de frequência dos sons. Fonte: Patrício (2018) adaptado.

Devido ao comportamento de cada material ser distinto para diferentes frequências é importante que o comportamento sonoro seja sempre expresso em função de cada frequência. Como o espectro da faixa audível engloba

muitas frequências, é comum a divisão desse eixo em bandas de frequência, com uma largura normalizada, com a finalidade de facilitar as medições. Por norma, nos estudos acústicos, utilizam-se bandas de frequência com a largura de uma oitava ou de um terço de oitava, Tabela 9 (PATRÍCIO, 2018).

Outro aspecto importante que vale ser ressaltado é que o ouvido humano não possui a mesma sensibilidade para todo o espectro de frequência. De acordo com Simões (2011), o nível de pressão sonora de um som grave precisa ser muito mais elevado que o de um som médio para que esses produzam a mesma sensação. A fim de compensar essa diferença de percepção, foi criada a curva de ponderação em A, apresentada na Figura 20, que é muito utilizada em análises acústicas por representar de forma mais fiel a audição humana (PRÓACÚSTICA, 2019).

Tabela 9 - Bandas de frequência utilizadas em acústica.

Bandas de Oitava (Hz)					
125	250	500	1000	2000	4000

Bandas de Terço de Oitava (Hz)																	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

Fonte: MICHALSKI *et al.*, 2020a.

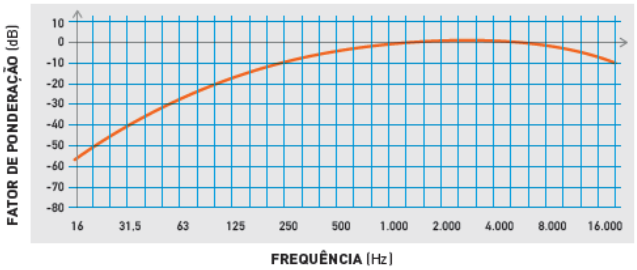


Figura 20 – Curva de ponderação em A. Fonte: PróAcústica, 2019.

O ouvido dos seres humanos também não percebe o som de forma linear, mas sim de forma logarítmica (Figura 21). No século passado, Harvey Fletcher identificou que 1 dB era a variação mínima da potência sonora que o sistema auditivo humano conseguia identificar, sendo denominado de "unidade de sensação" (BISTAFA, 2018).

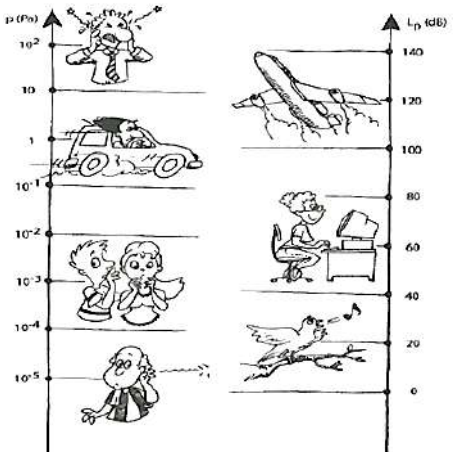


Figura 21 – Pressões sonoras (em Pa) associadas aos níveis de pressão de sonora (em dB). Fonte: SOUZA *et al.,* (2012).

Então, também para facilitar os estudos, a escala de pressão, em pascal (Pa) é substituída pelo decibel (dB) e, assim, são medidos os níveis de pressão sonora (NPS ou L_p), conforme a Equação 7, caracterizando uma "sensação subjetiva da intensidade de sons" (BISTAFA, 2018).

Equação 7 - Nível de Pressão Sonora (NPS) em decibel (dB).

$$NPS = 20 \log \frac{P}{P_o}$$

Onde:

NPS = Nível de Pressão Sonora (dB)

P = pressão sonora (Pa)

P_o = pressão sonora de referência = 10^{-12} Pa

Por se tratar de uma escala logarítmica, a combinação de duas ou mais fontes sonoras não é resultado de uma soma simples entre os valores de NPS. Para essa soma, utiliza-se a equação a seguir.

Equação 8 - Soma de dois níveis de pressão sonora.

$$L_{pT} = 10 \log (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10})$$

Onde:

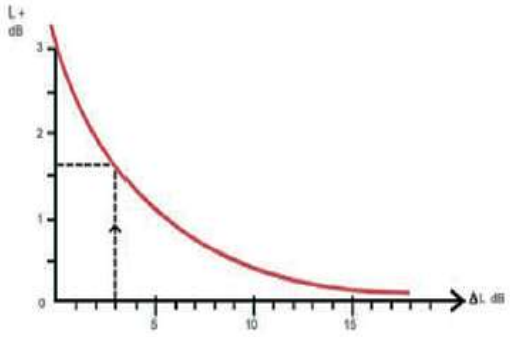
L_{pT} = nível de pressão sonora total (dB)

L_1 = nível de pressão sonora emitido pela fonte 1

L_2 = nível de pressão sonora emitido pela fonte 2

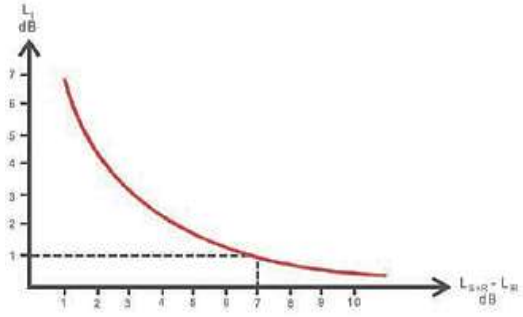
De forma a simplificar o cálculo, também é possível utilizar os gráficos abaixo para soma (Gráfico 1) ou subtração dos níveis (Gráfico 2). É possível perceber, através deles, que quando duas fontes se sobrepõem, o nível sonoro aumenta no máximo 3 dB.

Gráfico 1 - Gráfico para realização de soma de NPS.



Fonte: Simões, 2011.

Gráfico 2 - Gráfico para a realização de subtração de NPS.



Fonte: Simões, 2011.

Os materiais, com seus formatos e composições, provocam diversos efeitos nas ondas sonoras. Quando essas ondas incidem em alguma superfície, parte de sua energia pode ser transmitida através da estrutura, parte pode ser refletida e outra parte pode ser absorvida (Figura 22). A energia absorvida é transformada em calor e dissipada no ambiente e a capacidade de absorção de um material é medida através de seu coeficiente de absorção sonora (α). De acordo com Simões (2011), essa grandeza varia de acordo com as características físicas de cada material, como porosidade, rigidez, entre outras, sendo também diferente para cada frequência. Exemplificando, um material com coeficiente de absorção sonora igual a 0,10 significa que 10% da energia sonora é retida por ele.

A energia que retorna para o ambiente ao incidir na superfície é conhecida como reflexão sonora. Materiais mais reflexivos costumam ser mais rígidos, sem tanta porosidade, como vidro e concreto, por exemplo. A reflexão sonora é um fenômeno muito importante na distribuição do som pelo ambiente e seu estudo é chamado de Acústica Geométrica, onde o ângulo

do raio refletido é sempre igual ao do raio incidente (SIMÕES, 2011). Superfícies convexas tendem a dispersar o som, já as côncavas produzem convergências e distorções sonoras, devendo ser evitadas.

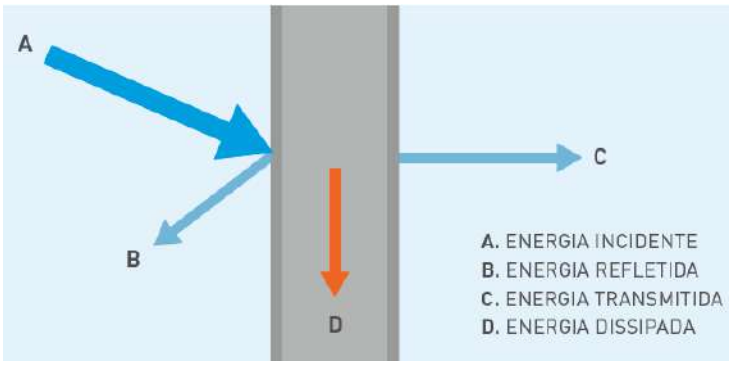


Figura 22 - Efeitos do som ao incidir em uma superfície. Fonte: PróAcústica, 2019.

Para uma compreensão mais clara do som, é interessante priorizar reflexões curtas. Portanto, uma reflexão mais espalhada – difusão –, alcançada através de materiais reflexivos com formatos irregulares, é bastante empregada em locais como teatro, por serem ainda mais eficientes na distribuição sonora.

A quantidade de energia sonora que ultrapassa uma superfície, depende da sua capacidade de transmissão sonora, que compreende a energia que não é refletida, nem absorvida. Quanto maior o isolamento de um sistema, menor a sua capacidade de transmissão sonora. Nesse caso, normalmente são utilizados materiais com elevada massa, que consigam dissipar a energia sem sofrer vibrações, ou sistemas sanduíche do tipo massa-mola-massa.

Patrício (2018) sinaliza que apesar dos efeitos sonoros causados pelos materiais do ambiente construído, seja esse urbano ou arquitetônico, manifestarem-se no cotidiano, através dos mais variados estímulos, a percepção dos usuários não está voltada para esses detalhes e eles não se conscientizam em relação ao ambiente acústico dos locais que utilizam.

3.2) Acústica Arquitetônica e conforto

O estudo do conforto acústico, dentro da arquitetura e urbanismo, é dividido entre Acústica Ambiental/Urbana, onde são abordados aspectos mais específicos do espaço urbano, e Acústica Arquitetônica, onde é estudada a acústica e o conforto dos usuários dentro dos espaços edificados. A Acústica Arquitetônica, por sua vez, se subdivide entre Acústica de Salas e Acústica de Edificações.

Na Acústica de Salas, o projetista deve ter por objetivo o condicionamento acústico, isto é, a adequação da acústica interna para o tipo de atividade realizada naquele ambiente. Esse condicionamento é imprescindível para locais como teatros, auditórios, igrejas, escolas, entre outros, onde o entendimento da fala e a apreciação de uma música são fundamentais para o conforto acústico.

O condicionamento acústico se concentra nas propriedades de absorção, reflexão e difusão dos materiais utilizados nos ambientes internos (PRÓACÚSTICA, 2019). O tempo de reverberação (TR) é um aspecto importante para a avaliação da qualidade acústica de um recinto. Esse indicador consiste no tempo necessários para que o som decaia 60 dB em um ambiente a partir do interrompimento da vibração da fonte sonora, e depende principalmente do volume do ambiente e dos coeficientes de absorção sonora dos materiais de revestimento presentes no local, conforme a Equação 9.

Equação 9 - Cálculo do tempo de reverberação, em segundos (Equação empírica de Sabine)

$$TR = 0{,}161 \frac{V}{A}$$

Onde:

V = volume do ambiente (m^3)

A = área de absorção equivalente[3] (m^2)

[3] A área de absorção equivalente é um parâmetro que representa a quantidade total de materiais de absorção aplicados nas superfícies de um recinto. É preciso multiplicar as áreas de cada material pelos respectivos coeficientes de absorção sonora e somar todos os resultados.

Para uma melhor inteligibilidade das palavras, em locais como salas de aula, cinema, auditórios, o ideal é que o tempo de reverberação seja pequeno. Já para locais de apresentações musicais, um tempo de reverberação mais longo aumenta a sonoridade. Por isso, a importância de se projetar o local e adequar a sua acústica de acordo com a sua função. Tempos de reverberação recomendados para diversos locais podem ser encontrados na Figura 23.

A Acústica de Salas é bastante utilizada e considerada há alguns anos no projeto de ambientes específicos. Porém, Souza *et al.* (2012) alertam que a preocupação acústica ultrapassou os limites desses locais de espetáculo e trouxe a questão do controle de ruído e preservação ambiental, devido ao aumento acelerado do número de fontes produtoras de ruído nos centros urbanos. De acordo com os mesmos autores, é importante que seja desenvolvida uma sensibilidade ao som, visto este ser um dos elementos qualificadores de uma edificação, observando os aspectos envolvidos com cuidado a fim de garantir uma alta qualidade acústica nos ambientes internos.

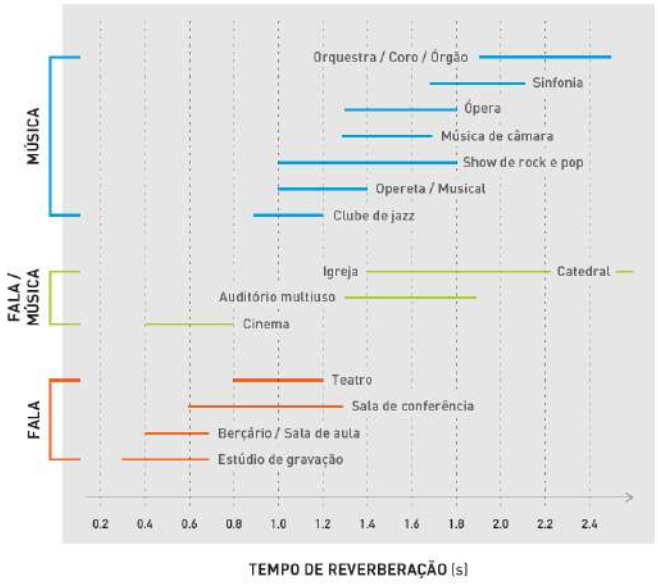


Figura 23 - Tempo de reverberação recomendado para diferentes ambientes, em 500 Hz. Fonte: PróAcústica, 2019.

Vale ressaltar que o objetivo não deve ser a total extinção dos ruídos. O excesso de silêncio pode ser perturbador, visto que depois de um tempo em silêncio se aumenta a percepção de sons de pequena intensidade e o indivíduo fica mais sensível aos ruídos dos sistemas digestivo e circulatório (BISTAFA, 2018), que normalmente são mascarados pelo ruído de fundo[4].

Esses ruídos podem ser externos ou internos à edificação, alguns exemplos são apresentados na Tabela 10, junto com suas intensidades e efeitos ao ser humano. Nesta dissertação, concentrar-se-á no isolamento ao ruído aéreo externo à edificação, visto que o foco aqui são os elementos de abertura para ventilação posicionados nas fachadas. As principais fontes de ruído aéreo externo estão associadas com o crescimento urbano e industrialização, sendo elas: tráfego (rodoviário, aeroviário e ferroviário, dependendo do local), instalações industriais e sons decorrentes de atividades de serviço e lazer. Porém, os ruídos rodoviários são mais facilmente encontrados nos centros urbanos (SOUZA *et al.,* 2012).

De acordo com Queiroz (2007), estudar sobre os ruídos causados pelo tráfego rodoviário das cidades é essencial para o controle da poluição sonora. A intensidade desse ruído é diretamente influenciada pela quantidade de automóveis na via, a composição do tráfego (carros mais antigos e/ou mais pesados tendem a ser mais ruidosos) e o tipo de pavimentação das ruas (vias com paralelepípedos provocam mais ruídos que ruas asfaltadas), bem como a manutenção desse pavimento. A autora aponta, ainda, a importância de esclarecer a população sobre o ruído urbano, visto que os seres humanos possuem grande capacidade de se adaptar a ruídos contínuos e não percebem os prejuízos para sua saúde.

Tabela 10 - Fontes de ruído com suas intensidades e consequências.

Fonte de ruído	Intensidade Sonora (dB)	Efeitos
Avião a jato a 5 m	130-140	Acima do limiar da dor
Discoteca Buzina de automóvel	110-130	Desconfortavelmente alto, atingindo o limiar da dor

[4] O ruído de fundo, também conhecido como som residual é o som existente em um meio sem a presença das fontes sonoras de interesse (PROACÚSTICA, 2019).

Caminhão a 5 m Motosserra a 5 m Betoneira a 5 m	90-110	Extremamente excitante, provocando dependência
Despertador a 1 m Televisão a 2 m Máquina de lavar roupa a 1 m	70-90	Estressante
Tráfego ouvido no interior das habitações Conversação a 5 m	50-70	Aceitável, porém é o início do estresse auditivo
Ambiente calmo	30-50	Confortável
Vento suave Cochicho no ouvido Balançar das folhagens	10-30	Silencioso

Fonte: Souza *et al.,* 2012.

3.3) Estratégias para o controle de ruído aéreo

Existem diversas estratégias para controlar o ruído que entra nas edificações. Todas elas atuam em pelo menos um dos três elementos envolvidos no processo de propagação sonora: fonte, trajetória de transmissão e receptor. Bistafa (2018) esclarece que há uma hierarquia nessa intervenção, deve-se sempre preferir controlar o ruído na fonte, pois esse controle se torna mais eficaz quando o ruído é minimizado diretamente na sua origem, através do enclausuramento do equipamento ruidoso. A atuação na fonte abrange a escolha adequada da máquina, sendo essa a fonte de ruído, substituição por fontes mais silenciosas, alteração do horário de funcionamento e redução do número de fontes emissoras de ruído (SOUZA *et al.*, 2012). Entretanto, o ruído só aparece e incomoda quando a fonte já está instalada, sendo muitas vezes inviável a sua remoção ou substituição (BISTAFA, 2018). Além disso, os ruídos provenientes de fontes externas são geralmente ruídos de tráfego de veículos e passagem de pessoas, tornando o tratamento da fonte geralmente impraticável (SALIS *et al.,* 2001).

Quando essa primeira abordagem não é possível ou as medidas de atenuação empregadas não forem suficientes, deve-se atuar na trajetória e, em último caso, atuar no receptor. A atuação no receptor ocorre através da redução do tempo de exposição e uso e da utilização de equipamentos de proteção individual, como protetores auriculares, medida geralmente

adotada em fábricas, indústrias, aeroportos, entre outros locais onde as intervenções na fonte e na trajetória são insuficientes por serem muito ruidosos.

Geralmente, a intervenção na trajetória do ruído é a atuação que mais se relaciona com o trabalho do arquiteto pois envolve o projeto de superfícies e especificação de materiais apropriados para resolver a problemática (SOUZA *et al.*, 2012). Uma das formas mais utilizadas pelo arquiteto no controle do ruído é o isolamento da fachada. Nesse caso, são adotados fechamentos mais densos ou sistemas sanduíche. Nos sistemas sanduíches, é aplicado material absorvente no espaço de ar entre paredes duplas, causando diminuição das reflexões entre as paredes e fazendo com que parte da energia sonora seja perdida.

Entretanto, um dos pontos acusticamente mais frágeis localizados em fachadas são as janelas, pois oferecem baixo isolamento acústico e sua instalação frequentemente apresenta falhas, gerando frestas por onde o som consegue passar. Deve-se, nesse caso, adotar vidros mais espessos ou laminados e fechamentos com materiais de vedação, atentando-se para um rigoroso acompanhamento da instalação dessas esquadrias. Todavia, Patrício (2018) adverte que a adoção de caixilharias muito estanques ao ar reflete a falta de integração do problema de isolamento com as outras problemáticas relativas ao conforto ambiental.

Também é possível aumentar a distância entre a fonte e o receptor, promovendo a queda da intensidade sonora através da atenuação sonora promovida pelo ar atmosférico e pelo aumento de obstáculos nesse percurso. Implantar novas edificações em locais menos ruidosos, distantes de vias de tráfego rápido ou de caminhões e ônibus, também é uma opção para reduzir a incidência sonora nas fachadas. Uma ferramenta muito importante para auxiliar a escolha do terreno é o mapa de ruído[5]. Um zoneamento projetual voltado para a questão acústica pode atuar também no incremento dessa

[5] O Mapa de Ruído é uma ferramenta utilizada para diagnosticar os problemas relacionados ao ruído urbano, auxiliando na identificação dos níveis de pressão sonora em cada região da cidade. Com isso, é possível realizar decisões e intervenções, como ações mitigadoras, de forma mais eficiente e precisa (PRÓACÚSTICA, s/d).

distância, isto é, zonas acusticamente mais sensíveis podem ser orientadas na fachada mais afastada das fontes sonoras, geralmente representada pela rede viária.

Uma outra solução é a eliminação das aberturas localizadas nas fachadas voltadas para o tráfego viário. Seguindo a mesma linha, pode-se ainda alterar o posicionamento dessas aberturas, de forma que elas não estejam direcionadas para as fontes de ruído (Figura 24).

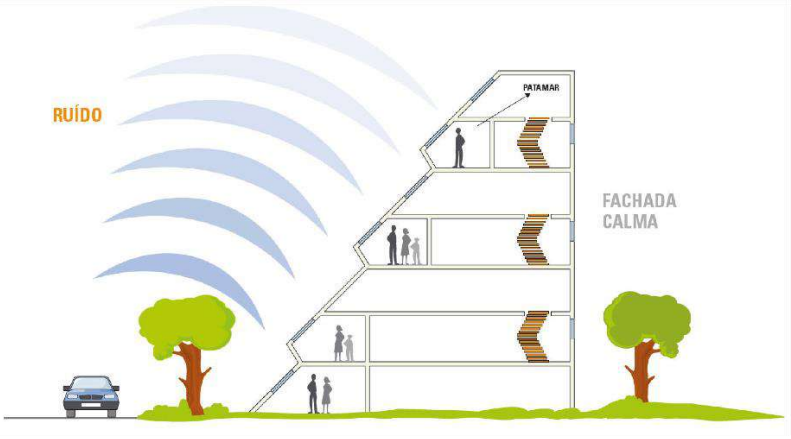


Figura 24 - Posicionamento não convencional de aberturas para evitar a entrada excessiva de ruídos.
Fonte: INSTITUTO DO AMBIENTE, 2004.

Essas soluções parecem simples, mas nem sempre são viáveis, pois envolvem outras questões relacionadas à qualidade ambiental interna das edificações, como ventilação, penetração solar, iluminação. Além disso, o espaço urbano é mutável e essas mudanças não são compatíveis com o ciclo de vida de 50 anos de um edifício, portanto, não podem ser consideradas definitivas.

A utilização de barreiras acústicas (Figura 25 e Figura 26) é um método bastante difundido de atenuação de ruído na trajetória de propagação e ele pode ser utilizado em conjunto com outras medidas de mitigação. De acordo com Souza *et al.* (2012), a eficiência de uma barreira depende de alguns fatores importantes, como: a frequência dos sons, visto que sons mais graves conseguem contornar a barreira mais facilmente (devido ao fenômeno de difração sonora); a distância da barreira em relação à fonte ou receptor, quanto mais perto da fonte ou do receptor, melhor o desempenho da barreira

acústica; a altura da barreira, quanto mais alta, melhor, pois dificulta a difração sonora; a massa da estrutura, conforme já visto, elementos mais densos são mais isolantes pois têm menor capacidade de vibrar; e a estanqueidade, pois qualquer fresta que a barreira apresente pode diminuir sua eficiência.

Figura 25 - SoundTube em Melbourne. Fonte: https://www.thamescrossingactiongroup.com/noise-pollution/

Figura 26 - Barreira Acústica. Fonte: https://www.thamescrossingactiongroup.com/noise-pollution/

Além dos fatores apresentados, o fato de o receptor conseguir enxergar a fonte pode influenciar na percepção do ruído, assim o arquiteto deve sempre considerar os aspectos subjetivos que envolvem o estudo da acústica. As próprias edificações podem servir de barreira acústica e dependendo da forma de implantação, a área de sombra acústica, isto é, de proteção sonora pode ser ainda maior (Figura 27).

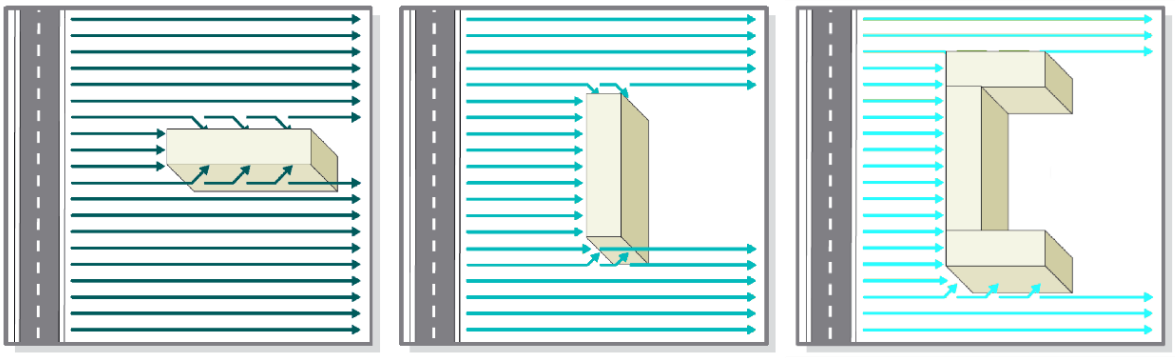


Figura 27 - Diferentes configurações de implantação e sombras acústicas geradas. Fonte: INSTITUTO DO AMBIENTE, 2004.

Souza *et al.* (2012) sugerem a criação de *halls* para melhorar o isolamento de portas. Esses compartimentos devem ser localizados antes do ambiente de interesse e tratados com material absorvente para reduzir a quantidade de reflexões e diminuir a energia das ondas sonoras. Esse recurso é bastante utilizado em salas de cinema, por exemplo.

Entretanto, ressalta-se aqui a possibilidade de utilizar o mesmo recurso nas fachadas das edificações, com a criação dessas zonas de transição entre o meio externo e o interno, trabalhadas acusticamente de forma a reduzir a quantidade de som que ingressa nas edificações. Um exemplo dessa aplicação são as sacadas, principalmente quando essas são fechadas e as portas entre a sacada e o ambiente interno são mantidas.

3.4) Formas de avaliar a acústica de edificações

Antes de listar os diferentes métodos e recursos utilizados para a avaliação da acústica de edificações, é importante que sejam descritas algumas terminologias, explicadas por Michalski (2011) e apresentados na Tabela 11.

Apesar de existirem as normas internacionais, os países utilizam diversos índices de avaliação de isolamento sonoro, diferindo-se entre si de acordo com o local de medição (*in situ* ou ensaios laboratoriais) se é o isolamento de uma fachada ou de um elemento, se é ponderado (índice único índice) ou se está em função das frequências. Essas nomenclaturas podem confundir quem não está habituado e dificultam as comparações entre elementos, conforme será visto no capítulo seguinte.

Nas medições *in situ,* são consideradas as transmissões sonoras que ocorrem por vias marginais, isto é, transmissões secundárias ou transmissões pelos flancos. Sendo assim, geralmente os valores de isolamento sonoro de fachada medidos em campo apresentam valores menores do que os medidos em laboratórios.

Tabela 11 - Terminologias de isolamento de ruído aéreo.

Medições em Laboratório			
Designação	**Símbolo**	**Correspondência**	**Valor**
Diferença Padronizada de Nível	D_{nT}	diferença de nível correspondente a um valor de referência do tempo de reverberação na sala receptora	expressa em bandas de frequência
Índice de Redução Sonora (Sound Reduction Index) ou *Trasmission Loss* ou Perda de Transmissão Sonora	R SRI TL PT	diferença entre o nível da potência sonora incidente no elemento de separação e o nível da potência sonora transmitida para a sala receptora	expressa em bandas de frequência
Diferença Normalizada de Nível Ponderada	$D_{n,w}$	diferença de nível correspondente a uma área de absorção de referência na sala receptora	expressa em um valor único
Diferença Padronizada de Nível Ponderada	$D_{nT,w}$	diferença de nível correspondente a um valor de referência do tempo de reverberação na sala receptora	expressa em um valor único
Índice de Redução Sonora Ponderado	R_w	diferença entre o nível da potência sonora incidente no elemento de separação e o nível da potência sonora transmitida para a sala receptora	expressa em um valor único
Medições *in situ*			
Designação	**Símbolo**	**Correspondência**	**Valor**
Índice de Redução Sonora Aparente	R'	diferença entre o nível da potência sonora incidente no elemento de separação e o nível da potência sonora transmitida para a sala receptora	expressa em bandas de frequência
Diferença Padronizada de Nível a 2 m da fachada	$D_{2m,nT}$	diferença entre o nível de pressão sonora a 2 m da fachada e o nível de pressão na sala receptora, correspondente a um valor de referência do tempo de reverberação na da sala receptora	expressa em bandas de frequência
Índice de Redução Sonora Aparente ponderado	R'_w	diferença entre o nível da potência sonora incidente no elemento de separação e o nível da potência sonora transmitida para a sala receptora	expressa em valor único
Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m da fachada	$D_{2m,nT,w}$	diferença entre o nível de pressão sonora a 2 m da fachada e o nível de pressão na sala receptora, correspondente a um valor de referência do tempo de reverberação na sala receptora	expressa em valor único

Fonte: MICHALSKI, 2011, adaptado.

Bistafa (2018) diferencia, ainda, dois termos que serão importantes mais para frente. A redução de ruído (NR, do inglês *Noise Reduction*), que é simplesmente a diferença entre níveis da sala emissora e da sala receptora, sem considerar as áreas de absorção ou o tempo de reverberação. E a perda por inserção (IL, do inglês *Insertion Loss*), que corresponde à diferença dos níveis sonoros na sala receptora, antes e depois da instalação de medida de controle de ruído na trajetória de propagação.

Diversos métodos que caracterizam o isolamento aos ruídos aéreos são apresentados por Patrício (2018), englobando todos os elementos de compartimentação, seja para proteção de ruídos internos ou externos à edificação. O autor divide esses procedimentos em métodos de medição e métodos de estimativa (ou cálculo).

Os primeiros são baseados na realização de medições acústicas, sejam essas laboratoriais ou em campo. As medições *in situ* são capazes de avaliar a conformidade dos elementos em relação às normas e as de laboratório avaliam o isolamento sonoro proporcionado por um novo elemento, resultando em dados que podem ser divulgados pelo fabricante e utilizados para a predição de isolamento acústico em fase de projeto. Os métodos de cálculo são baseados em formulação teórica, isto é, fórmulas matemáticas, necessitando de recursos numéricos bastante complexos.

Entre os métodos de medição, encontram-se: a caracterização experimental (padronizada através de normas ISO e bastante utilizada por mundialmente), a holografia acústica e a intensimetria sonora. Já entre os métodos de cálculo, Patrício (2018) considera: o método elasto-dinâmico; o de E. Gerretsen; o de análise modal; o método dos elementos finitos (*Finite Element Method* - FEM) e o método de análise estatística de energia (*Statistical Energy Analysis* - SEA).

O método de caracterização experimental, contemplado nas normas internacionais ISO 10140-2[6], 16283-1[7] e 16283-3[8], é um dos mais utilizados e possibilita avaliar o isolamento de determinados elementos e sistemas aos sons aéreos. O procedimento considera duas câmaras, sendo uma emissora e outra receptora, ligada por um elemento de separação a ser avaliado, conforme Figura 28. Quando o ensaio é feito *in situ*, a câmara emissora passa a ser o espaço exterior.

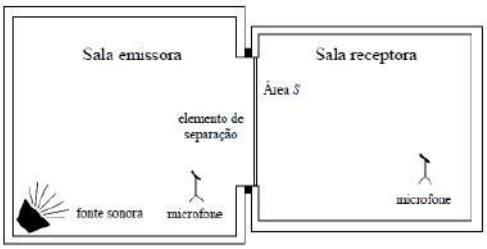


Figura 28 - Desenho esquemático dos elementos presentes nos ensaios que utilizam o método de caracterização experimental. Fonte: MICHALSKI, 2011.

Apesar dos procedimentos presentes em normativas considerarem medições físicas apenas, existem alguns *software* comerciais para a avaliação do desempenho acústico, seja urbano, de edificações ou de salas.

Um dos *software* comerciais de acústica de salas é o *Odeon*, fruto de uma parceria entre a empresa Ørstedo DTU Tecnologia Acústica e outras seis companhias consultoras dinamarquesas em 1984, com o propósito de prover *software* de predição de acústica de salas, espaços públicos e ambientes industriais. Este *software* combina o método das imagens virtuais (fonte-imagem) com um algoritmo de traçado de raios, tornando possível avaliar a acústica de salas, podendo ser ilustrada e escutada, através da auralização.

Na mesma linha do *Odeon*, está o *plug-in Pachyderm Acoustical Simulation*, ferramenta de código aberto, baseada no método de traçado de raios, que funciona dentro do *software* de modelagem tridimensional

[6] Acústica – Medições laboratoriais do isolamento sonoro de elementos construtivos – Parte 2: Medições de isolamento a sons aéreos.
[7] Acústica – Medições *in situ* do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção – Parte 1: Isolamento a sons aéreos.
[8] Acústica – Medições *in situ* do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção – Parte 3: Isolamento sonoro de fachadas.

Rhinoceros e do editor de algoritmo gráfico, *Grasshopper,* permitindo gerar modelos paramétricos de geometrias complexas através de funções matemáticas. Existem estudos que utilizam esse *plug-in* para análises acústicas urbanas (CRIVELLO, 2019). Nesta dissertação, houve uma tentativa de utilização desse programa para avaliar sua aplicabilidadena acústica de edificações e avaliação de isolamento sonoro de determinados elementos. Constatou-se que o programa considera valores de transmissão sonora, entretanto, esses devem ser inseridos como número inteiro, inviabilizando a correta inserção desses valores.

Outro *software,* que também utiliza o algoritmo de traçado de raios, é o *Raynoise,* desenvolvido pela empresa belga LMS *Numerical Technologies*. Ele foi projetado para simular o comportamento sonoro no interior de um volume fechado ou em um espaço aberto, englobando três aplicações: acústica de salas, controle de ruído industrial e acústica ambiental. Um trabalho realizado no Brasil utilizou esse *software* para avaliar o isolamento acústico de fachadas (VIEGAS, 2009). As simulações foram confirmadas com medições em campo.

A maioria dos *software* disponíveis para comercialização são desenvolvidos para a avaliação de acústica de salas ou acústica urbana. Entretanto, o *SONarchitect* foi elaborado pela empresa chinesa Geonoise, especificamente para acústica de edificações, possibilitando o cálculo e a predição da transmissão sonora, incluindo a que ocorre pelos flancos. Ele se baseia na norma internacional ISO 12354:2017 (Acústica de Edificações – Estimativa do desempenho acústico de edificações a partir do desempenho dos elementos).

3.5) Acústica em normativas brasileiras

3.5.1) ABNT NBR 10151:2019

A norma ABNT NBR 10151 (2019), Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral (ABNT, 2019), estabelece os procedimentos para as medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos e externos às edificações, além de métodos e

limites que possibilitam a avaliação dos resultados. Sendo assim, a norma explica sobre os locais que devem ser medidos, incluindo posicionamento do sonômetro, distância do piso, fachada e paredes. São sugeridos métodos de medições: simplificado, detalhado e de monitoramento de longa duração.

O método simplificado é utilizado para a medição do nível de pressão sonora global, não fazendo diferenciação entre as frequências. O método detalhado deve ser utilizado caso as fontes sonoras apresentem características de sons tonais e impulsivos e mede os níveis de pressão sonora por banda de frequência. Já o método de monitoramento de longa duração é recomendado para fins de planejamento urbano. A norma estabelece limites de níveis de pressão sonora para os períodos diurno e noturno, e os limites variam dependendo do uso da área avaliada, conforme a Tabela 12. Ao final, são fornecidos direcionamentos para a elaboração de um relatório de medição e avaliação.

Tabela 12 – Limites de níveis de pressão sonora em função do uso e período das áreas.

Tipos de áreas habitadas	**Limites de níveis de pressão sonora (dB)**	
	Período diurno	**Período noturno**
Área de residência rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais e escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista predominantemente comercial	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT, 2019.

3.5.2) ABNT NBR 10152:2017

Outra norma brasileira importante para a questão do conforto acústico no interior de edificações é a ABNT NBR 10152: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações (ABNT, 2017). Assim como a ABNT NBR 10151 (2019), essa norma estabelece os procedimentos para as medições de níveis de pressão sonora, além de métodos e limites que possibilitam a

avaliação dos resultados, porém são contemplados apenas ambientes internos.

O posicionamento dos pontos medidos deve representar o campo sonoro do ambiente em avaliação, dessa forma, devem ser medidos pelo menos três pontos, distribuídos pelo ambiente, preferencialmente com alturas distintas. Esses pontos devem estar pelo menos 1 m distantes das paredes e, no mínimo, 0,7 m distantes entre si.

Na norma são apresentados dois métodos de medições do nível de pressão sonora: simplificado, analisando níveis globais, e detalhado, para análises em bandas de oitava. São estabelecidos valores de referências de níveis de pressão sonora equivalente ponderada em A (RL_{Aq}) para avaliação sonora de diversos ambientes, alguns deles apresentados na Tabela 13, e instruções para a elaboração do relatório de medição e avaliação.

Tabela 13 - Valores de referência para ambientes internos de acordo com as suas finalidades de uso.

Finalidade de uso	**Valores de Referência**	
	RL_{Aeq} (dB)	**RL_{ASmax} (dB)**
Dormitórios	35	40
Sala de estar	40	45
Ginásios e academias	45	50
Escritórios privativos	40	45
Escritórios coletivos	45	50
Salas de aula	35	40
Restaurantes	45	50
Teatros	30	35
Bibliotecas	40	45
Consultórios médicos	35	40
Enfermarias	40	45
Lojas de shoppings	45	50
Praça de alimentação	50	55

Fonte: ABNT, 2017, adaptado.

Vale ressaltar que existe uma tolerância de 5 dB para os limites inseridos na tabela e que os valores de referência de níveis máximos de pressão sonora (RL_{ASmax}) devem ser considerados somente quando a fonte sonora estudada integrar a própria edificação.

3.5.3) ABNT NBR 15575:2013

A ABNT NBR 10152 existe desde 1987, estabelecendo esses níveis de ruído máximos admissíveis em ambientes internos, porém, de acordo com a PróAcústica (2013), a indústria e o mercado da construção civil nunca buscaram atender esses parâmetros. Nesse contexto, a acústica ganhou importância com a publicação da norma brasileira de desempenho, ABNT NBR 15575 (2013), já vista no item sobre ventilação natural, que estabelece os níveis de desempenho mínimo (M), obrigatório para qualquer padrão de empreendimento, intermediário (I) e superior (S), para cada sistema construtivo.

Cabe, então, aos fabricantes de vedações internas e externas e de janelas e portas apresentar ao projetista e ao empreendedor o desempenho de seus sistemas. Esses agentes, por sua vez, deverão ter conhecimento técnico para analisar os dados, medidos em laboratório, de forma que a edificação atenda às condições de desempenho em campo. É dessa forma que a norma em questão tem mobilizado a indústria da construção civil, juntamente com o mercado de projeto e venda de imóveis residenciais.

Na parte 3 da ABNT NBR 15575 – Requisitos para os sistemas de pisos – são estabelecidos os limites mínimos de isolamento de pisos, entre unidades autônomas, aos ruídos aéreos e de impacto. O documento descreve dois métodos para as medições em campo e como requisito, insere os níveis de pressão sonora permitidos no interior da habitação para sons de impacto e os níveis de isolamento da estrutura para o ruído aéreo (Tabela 14).

A PróAcústica (2013), em seu manual sobre a norma de desempenho, alerta que o valor mínimo de 80 dB estabelecido na norma é reconhecidamente insuficiente, não provendo conforto acústico aos usuários e recomenda que sempre seja objetivado o desempenho intermediário ou superior.

Outro requisito que envolve o desempenho acústico de edificação tratado na ABNT NBR 15575 é para os sistemas de vedações verticais internas

e externas, presente na parte 4 do documento, que descreve três métodos de avaliação, sendo um em laboratório e dois em campo.

Tabela 14 - Requisitos acústicos para os sistemas de piso.

Nível de pressão sonora de impacto					
Símbolo	**Descrição**	**'Elemento**	**Desempenho**		
			M	**I**	**S**
$L'_{nT,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	Sistema de piso entre unidades autônomas em pavimentos distintos	≤ 80 dB	≤ 65 dB	≤ 55 dB
		Sistema de piso de áreas coletivas sobre unidades autônomas	≤ 55 dB	≤ 50 dB	≤ 45 dB

Isolamento ao ruído aéreo em sistemas de pisos					
Símbolo	**Descrição**	**Elemento**	**Desempenho**		
			M	**I**	**S**
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada	Sistema de piso entre unidades, onde um dos ambientes é dormitório	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB
		Sistema de piso separando unidade habitacional de áreas comuns	≥ 40 dB	≥ 45 dB	≥ 50 dB
		Sistema de piso separando unidade habitacional de áreas de uso coletivo	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB

Fonte: ABNT, 2013.

A seguir, estão apresentados os níveis de desempenho para os sistemas de fachadas (Tabela 15) e vedações internas (Tabela 16) medidos em laboratório (R_w), dependendo da classe de ruído do local onde a habitação se insere. Atenta-se para o fato de que a indicação de desempenho apresenta valores aproximados de R_w, e que esses devem ser utilizados com cautela, pois em campo pode ocorrer diferença de resultados, conforme já abordado. Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos em campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) podem ser encontrados na norma.

Ressalta-se que os requisitos mínimos de vedação externa são exigidos apenas para a fachada de dormitórios, não havendo valores específicos para salas, cozinhas, lavanderias e banheiros. Para habitações próximas a aeroportos, estádios, rodovias e ferrovias há a necessidade de elaboração de estudo específico. Em relação ao desempenho acústico, a ABNT NBR 15775 fornece ainda requisitos mínimos obrigatórios para o sistema de coberturas, com isolamento ao ruído aéreo, dependendo da classe de ruído do local

onde a habitação se insere, e com o isolamento ao ruído de impacto para dormitórios e salas de estar localizados abaixo de coberturas acessíveis de uso coletivo.

Tabela 15 - Requisitos acústicos para as vedações externas (fachadas).

Índice de redução sonora ponderado R_w para fachadas de dormitórios				
Classe de ruído[9]	**Localização da habitação**	**Desempenho**		
		M	**I**	**S**
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25 dB	≥ 30 dB	≥ 35 dB
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30 dB	≥ 35 dB	≥ 40 dB
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas,	≥ 35 dB	≥ 40 dB	≥ 45 dB

Fonte: ABNT, 2013.

Tabela 16 - Requisitos acústicos para vedações internas (entre ambientes).

Índice de redução sonora ponderado R_w para vedações internas entre ambientes			
Localização da habitação	**Desempenho**		
	M	**I**	**S**
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de germinação), nas situações em que não há dormitório	45 a 49 dB	50 a 54 dB	≥ 55 dB
Parede entre unidades autônomas (parede de germinação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54 dB	55 a 59 dB	≥ 60 dB
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual	45 a 49 dB	50 a 54 dB	≥ 55 dB
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual	35 a 39 dB	40 a 44 dB	≥ 45 dB
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas	50 a 54 dB	55 a 59 dB	≥ 60 dB
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	45 a 49 dB	50 a 54 dB	≥ 55 dB

Fonte: ABNT, 2013.

Os índices colocados na norma de desempenho brasileira ainda estão abaixo do exigido nas normativas de outros países. Visto ser a primeira norma de desempenho redigida no país, ela vem com o objetivo de mobilizar a indústria e o mercado, sendo o ponto de partida para uma melhoria da

[9] A classe de ruído depende dos níveis de pressão sonora equivalentes e ponderados em A, medidos a 2 m da fachada. Na classe I, $L_{Aeq} \leq 60$ dB; para a classe II, esse nível deve estar entre 60 e 65 dB e na classe de ruído III, entre 65 e 70 dB.

produção habitacional brasileira. Em 2021, a ABNT NBR 15575 passou por uma revisão e, futuramente, a tendência é a delimitação de índices mais rigorosos. Entretanto, é importante deixar claro que a norma reconhece o conflito existente entre acústica e ventilação natural, mas propõe avaliações isoladas desses dois aspectos, onde o ruído é avaliado com janelas fechadas e a térmica é avaliada com renovações de ar. Sabe-se que, na prática, o conforto ambiental não pode ser dividido, os aspectos ambientais não são dissociáveis. É importante não apenas reconhecer o problema, mas tentar resolvê-lo.

CAPÍTULO 4

Interrelação entre Ventilação Natural e Acústica

CAPÍTULO 4: INTERRELAÇÃO ENTRE VENTILAÇÃO NATURAL E ACÚSTICA

Simões (2011) afirma que, com a chegada do verão, aumentam-se as reclamações relativas ao ruído, devido à necessidade de abrir as janelas para ventilar os ambientes internos. Soma-se a isso, a urgência por um desenvolvimento sustentável, que traz a importância de se produzir tecnologias voltadas para melhorar as condições acústicas de edifícios naturalmente ventilados (KANG, 2006). Agrupar estratégias de ventilação natural e isolamento acústico ainda é um processo complexo, devido à dificuldade de integração entre os diferentes profissionais e áreas envolvidos e entre os fatores que afetam a qualidade interna dos edifícios (PATRÍCIO, 2018).

Além disso, a falta de informação técnica e a falta de incentivos públicos para o desenvolvimento de pesquisas na área devem ser mencionadas. Apesar de o isolamento dos vidros selados já estar bem documentado (FORD e KERRY, 1973), ainda falta muita informação e pesquisa para diferentes configurações de janelas abertas para a ventilação natural. De acordo com Field e Cuthbert (2019), a incapacidade de quantificar o desempenho do isolamento acústico de fachadas não convencionais é um dos principais problemas encontrados pelos consultores acústicos para um projeto integrado.

Conforme mencionado, as aberturas, frestas e fissuras normalmente representam o elo fraco da transmissão de ruído externo para um ambiente interno, havendo um conflito claro entre a ventilação e os requisitos acústicos. O primeiro tenderá a exigir grande desobstrução das aberturas, enquanto o último costuma exigir o fechamento completo das mesmas (SALIS *et al.,* 2001). Exemplificando a interrelação dicotômica entre essas questões do conforto ambiental, observa-se que a abertura de 1% em uma parede diminui em mais de 30% as suas propriedades de isolamento acústico (ARAÚJO, 2010). Patrício

(2018) ilustrou a relação entre a abertura na fachada e o isolamento sonoro, como mostrado na Figura 29.

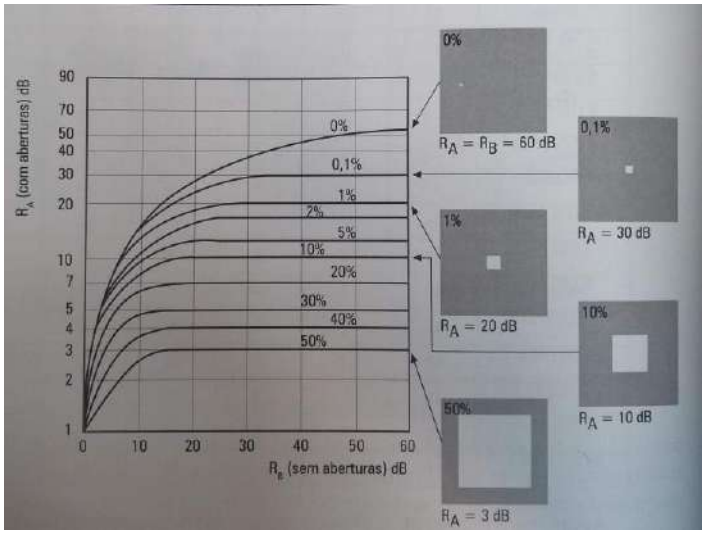


Figura 29 – Relação entre isolamento sonoro e área da abertura em fachadas. Fonte: PATRÍCIO, 2018.

Além disso, Souza *el al.* (2012) e Bistafa (2018) alertam que o movimento de ar altera o campo acústico, tornando-o mais complexo. Se a direção do vento estiver no mesmo sentido do receptor, as ondas de som tendem a se redirecionar em direção ao usuário, aumentando a área de alcance do som em relação a uma situação com ausência de vento. Assim, Bajraktari *et al.* (2015a) alertam que essas duas variáveis do conforto ambiental devem ser abordadas em conjunto. Conciliar todos os condicionantes do conforto ambiental requer difíceis habilidades dos projetistas (OITICICA, 2010).

Ao se projetar, é necessário trabalhar primeiramente a escala urbana e a escolha do local onde o projeto será implantado, conforme visto no capítulo anterior, dando-se preferência a áreas mais calmas da cidade (LOSSO e VIVEIROS, 2003). Entretanto, essa alternativa nem sempre é eficaz ou viável, pois o meio urbano está em constante transformação e, assim, a situação de um lote pode mudar em poucos meses. Além disso, é importante lembrar que o arquiteto possui pouco poder de decisão sobre a compra do terreno, visto que normalmente é contratado após esta etapa.

O ideal para qualquer construção é tratar a envoltória da edificação (SALIS *et al.*, 2001; TONG *et al.*, 2015; TONG e TANG, 2017). Nesse caso, a

alternativa que os projetistas devem buscar é a relação ótima entre os elementos menos isolantes e mais isolantes (PATRÍCIO, 2018), utilizando sistemas ou dispositivos que permitam a passagem da ventilação ao mesmo tempo em que bloqueiem os ruídos externos (ARAÚJO, 2010).

Com a intenção de avançar os estudos e pesquisas na resolução do paradoxo existente entre ventilação natural e acústica, diversos pesquisadores, e algumas empresas, têm desenvolvido modelos matemáticos e/ou dispositivos, a partir de ensaios em laboratório ou em campo. Assim, para esta dissertação, entendeu-se como essencial a busca do que tem sido estudado e produzido enquanto sistemas e elementos que consigam unir as duas variáveis do conforto ambiental em questão.

Para a compilação desse estado-da-arte, foi feita uma revisão bibliográfica em bases de dados, como *ResearchGate* e *ScienceDirect*, anais de eventos nacionais e internacionais e repositórios de dissertações e teses brasileiras. Inicialmente, as pesquisas foram feitas com duas palavras-chave: "controle de ruído" e "ventilação natural" (*noise control* e *natural ventilation,* para pesquisas em inglês). Percebeu-se uma forte tendência de encontrar esse tipo de publicação em revistas e eventos focados em acústica, sendo feita então nova busca utilizando apenas a palavra-chave "ventilação natural" em revistas e eventos de acústica. O contrário também foi feito para as revistas especializadas em ventilação natural, porém nada foi encontrado nesse caso. Na ocasião, foram encontrados 67 trabalhos, de onde três foram excluídos por não integrarem o tema de forma direta. E ao final, 38 artigos foram selecionados para a discussão, redigida em forma de artigo e publicada em um dos mais importantes eventos internacionais de acústica, o *Inter-noise* de 2020.

Dessa publicação (COUTINHO *et al., 2020a)*, alguns dados devem ser considerados. Foi percebida uma tendência de crescimento no número de pesquisas na área, principalmente nos últimos 5 anos (Figura 30). Além disso, a maior parte dos trabalhos publicados pertence a pesquisadores asiáticos (Figura 31) e atribui-se esse fato ao crescimento descontrolado de grandes

centros urbanos nesse continente, que conduz ao agravamento de problemas relacionados à qualidade ambiental interna em edificações.

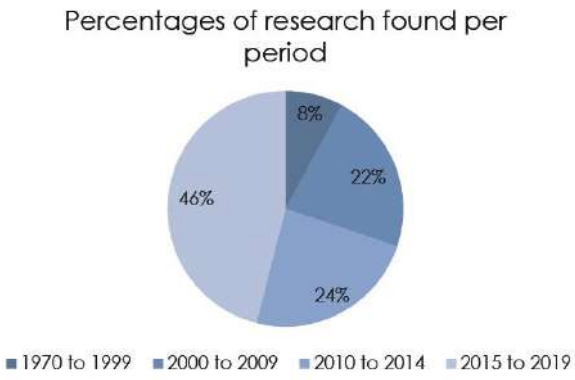


Figura 30 – Porcentagens de pesquisas por período de publicação. Fonte: Coutinho *et al.,* 2020a.

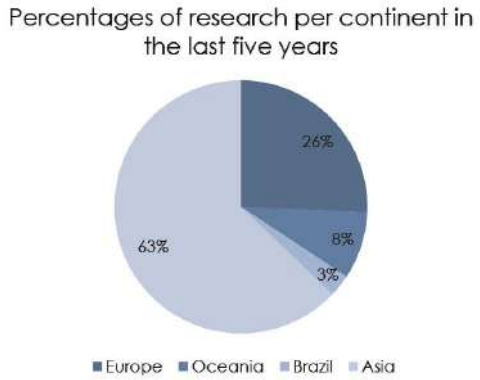


Figura 31 - Porcentagem de pesquisas publicadas nos últimos 5 anos por continente. Fonte: Coutinho *et al.,* 2020a.

Nos itens que seguem, serão apresentados os sistemas encontrados, separados por tipologia e em ordem cronológica. Alguns trabalhos encontrados posteriormente à publicação foram somados a esta revisão. Aqui o foco será fornecido a dispositivos passivos, sendo eles: janelas com aberturas laterais, janelas com abertura superior e inferior, aberturas ventiladas (aquelas que não se enquadram como janelas), sacadas, brises tipo veneziana e painéis acústicos. Ao final do capítulo é apresentada uma tabela-resumo (Tabela 17) com os dispositivos passivos aqui descritos. Nesse quadro, foram colocados em negrito aqueles elementos selecionados para a simulação em CFD. Os elementos de controle de ruído ativo também terão sua funcionalidade brevemente apresentada aqui, bem como alguns sistemas que já são comercializados.

Apesar de o Brasil ainda não ter avançado muito em pesquisas que envolvem as duas variáveis do conforto ambiental em questão, existem alguns trabalhos brasileiros consolidados e bem diferentes entre si, voltados para a realidade climática do país. Esses também serão abordados ao longo deste capítulo.

4.1) Janelas com aberturas laterais

Em 1973, Ford e Kerry estudaram janelas de vidro duplo parcialmente abertas. Entre os vidros, abertos de lados opostos, havia uma câmara onde o som poderia fazer inúmeras reflexões e o vento poderia passar. Os ensaios, realizados em laboratórios, mediram o índice de redução sonora (SRI, do inglês *Sound Reduction Index*) para janelas com trilhos horizontais (Figura 32) e verticais (Figura 33). A espessura da câmara entre as duas camadas de vidro foi variando de acordo com o grau de abertura das janelas. Primeiro foram feitos testes para as janelas que correm horizontalmente, sendo o espaçamento entre os vidros de 25, 50, 100 e 200 mm, as mesmas dimensões utilizadas também nas aberturas. Essas janelas também foram testadas com tratamento de material absorvente em toda a cavidade entre os vidros. O mesmo foi feito para as janelas que corriam verticalmente.

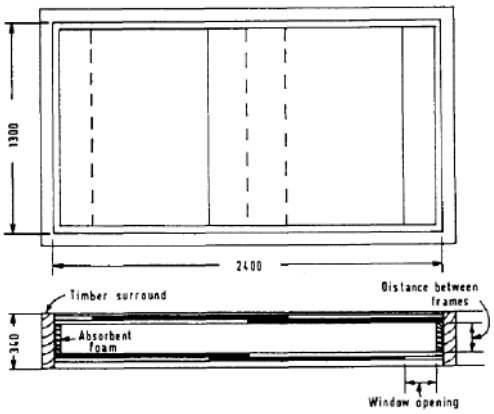


Figura 32 - Janela de correr horizontal. Fonte: FORD e KERRY, 1973.

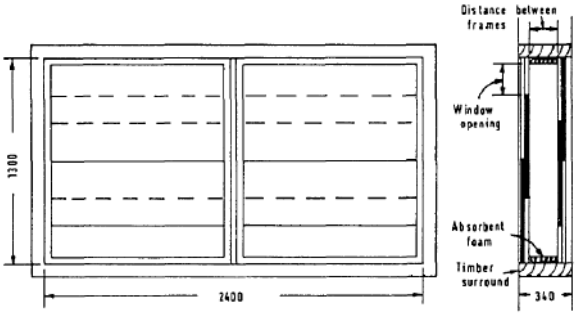


Figura 33 - Janela de correr vertical. Fonte: FORD e KERRY, 1973.

Chegou-se à conclusão de que o material absorvente é muito benéfico para o isolamento sonoro dos dois tipos de esquadrias e que nos dois casos também foi possível perceber uma melhoria da questão acústica conforme o aumento da espessura da câmara. As janelas horizontais apresentaram um desempenho melhor em relação às verticais, provavelmente porque o som tem uma distância maior para se deslocar ao longo da cavidade.

Notou-se, também, que as janelas foram mais eficientes contra tráfego aeroviário do que contra tráfego rodoviário, devido às diferentes frequências,

isolando 2 dB a mais para o primeiro tipo de ruído. O afastamento entre as folhas interna e externa tornou a estrutura mais eficiente, principalmente nas baixas frequências. Ao final foi obtido um índice de redução sonora entre 20 e 25 dB, sendo 10 dB mais eficiente que as janelas de vidro simples parcialmente abertas.

Neste primeiro momento, não foram realizados testes de ventilação. Os autores justificaram expondo que os resultados de ventilação medidos em laboratório são duvidosos porque dependem das condições de temperatura interna e externa, velocidade e direção dos ventos, o que não é possível simular de forma satisfatória em laboratórios.

Em Hong Kong, diversos trabalhos foram desenvolvidos por especialistas do departamento de habitação social (LO *et al.,* 2014), com o intuito de fornecer diretrizes que consigam melhorar a questão dos ruídos. No item de inovações do artigo (COUTINHO *et al., 2020a)*, foram apresentados dois dispositivos: sacada acústica e janela acústica. A sacada será apresenta no subitem "4.4) Sacadas". Para a janela do tipo *plenum*[10] (Figura 34), foram testados 20 desenhos diferentes em laboratório para fins exploratórios, em um total de 200 cenários. Depois, foram construídas casas para os testes *in situ*. Foi obtida uma redução de 8,0 dB em comparação à janela convencional, sendo garantida a renovação de ar prevista em lei (1,5 renovações por hora).

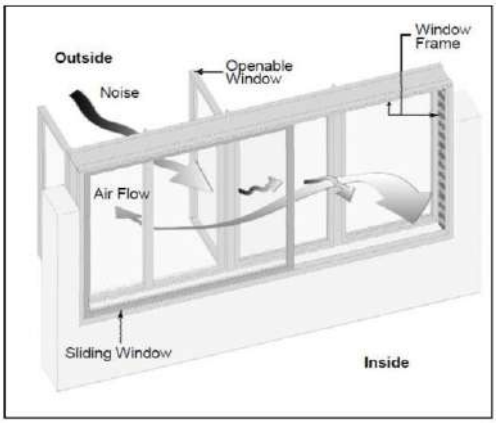


Figura 34 - Configuração de janela tipo *plenum* testada por Lo *et al*. (2014). Fonte: LO *et al.,* 2014.

[10] As janelas duplas com uma câmara de ar entre os vidros, foram intituladas "janelas *plenum*" (do inglês, *plenum windows*)

Tong *et al*. (2015) avaliaram o desempenho acústico destes dispositivos quando comparados a uma janela convencional, fazendo alterações na planta dos ambientes receptores de ruído. Para tanto, foram construídas duas casas iguais, no modelo de Habitação de Interesse Social (HIS) utilizado em Hong Kong, com quarto e sala voltados para uma rodovia de fluxo intenso. Em uma casa, foram inseridas janelas *plenum* e na outra, foi mantido o padrão de janelas convencionais comumente utilizadas.

As medições foram feitas simultaneamente nas duas casas (Figura 35). Apenas uma dimensão de janela foi utilizada para esta pesquisa, porém, as condições foram alteradas com a utilização de partições internas ou não entre a sala e o quarto e a inserção ou não de móveis (cama e sofá). Além disso, em algumas medições, a moldura interna das janelas (laterais e superior) foi tratada com painéis microperfurados e/ou lã de rocha.

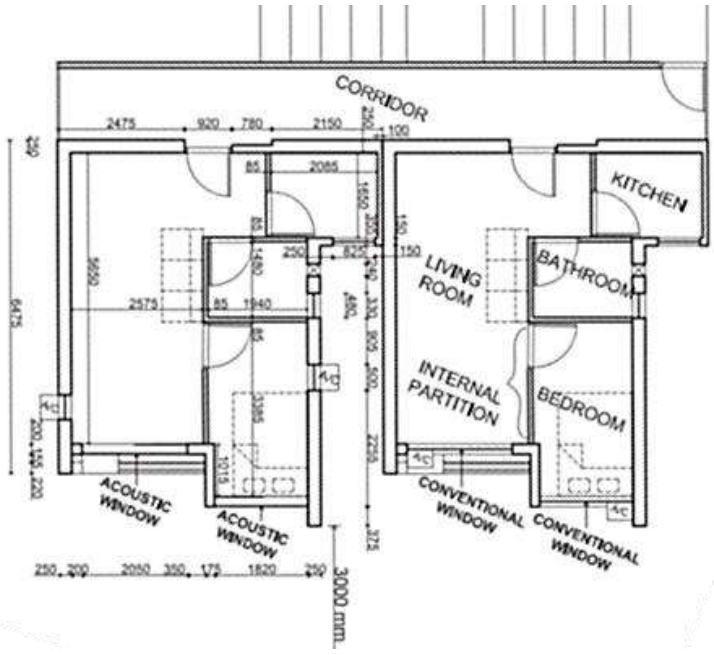


Figura 35 - Modelos de HIS construídos para as medições. Na unidade à direita foram inseridas janelas convencionais e na outra, janelas *plenum*. Na imagem, é possível entender qual partição interna foi removida em determinadas medições e onde foram posicionados o sofá e a cama. Fonte: TONG *et al*., 2015.

Um total de 34 microfones foram utilizados para as medições, sendo 11 em cada casa e 12 do lado de fora, a um metro de distância de cada cômodo em diferentes alturas. Cada medição durou 30 min e para cada caso

testado, foram feitas 8 medições, sendo 4 pela manhã e 4 pela tarde. Ao todo, foram realizados 96 ensaios. Atingiu-se um índice de redução sonora ponderado (R_w) de até 14,4 dB em configurações onde a sala de estar e o quarto eram separados (com ou sem mobiliário). A redução sonora é muito maior que 10 dB nas altas frequências e os benefícios acústicos das janelas para o espectro de frequência do tráfego rodoviário ficaram entre 7,1 e 9,5 dB. Concluiu-se que a redução sonora foi mais eficiente para os ambientes sem mobiliário (0,5 dB de diferença).

Com ensaios laboratoriais entre duas câmaras acústicas acopladas e isoladas, Tong e Tang (2017) analisaram a relação entre parâmetros importantes para o desempenho acústico de janelas *plenum*. Dois diferentes tipos de janelas foram testados e comparados: a convencional e a *plenum*, sendo esta última com uma ou duas folhas para abertura, como mostra a Figura 36. Todas as janelas foram desenvolvidas com vidro de 6 mm de espessura e moldura em alumínio.

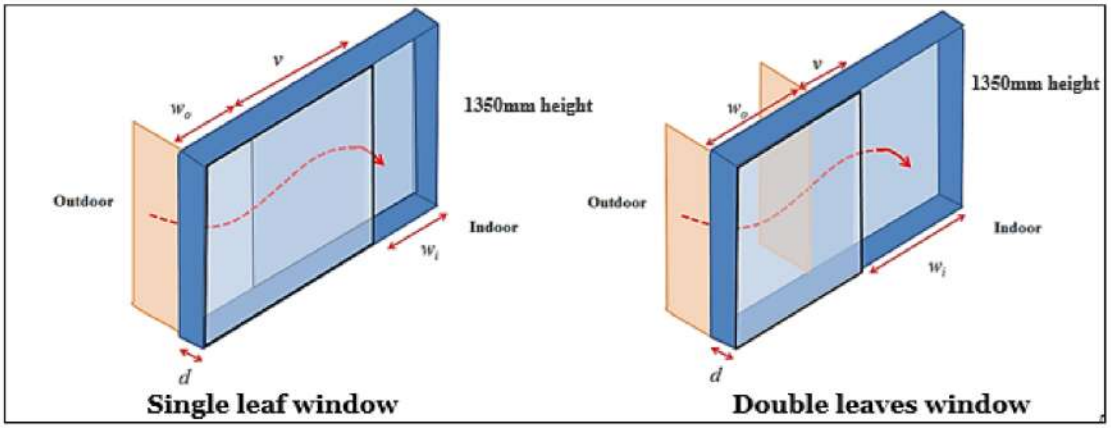


Figura 36 - Janelas *plenum* com uma e duas folhas para fechamento e com as dimensões alteradas para as medições. Fonte: TONG e TANG, 2017.

Nove microfones foram posicionados na sala receptora para captar o nível sonoro transmitido. Na sala emissora, os microfones foram posicionados horizontalmente a 1 m das aberturas e sua quantidade dependeu do tamanho da janela (Figura 37). O ruído de tráfego foi considerado como uma fonte linear e o espectro foi adotado de acordo com a norma BS EN 1793-3 (1998). Concluiu-se que pôde ser atenuado pelo menos 10 dB do ruído de

tráfego usando o sistema de janela *plenum*, sem tratamento de material absorvente. A máxima perda de transmissão obtida no estudo foi de 19 dB e a perda por inserção máxima quando comparada às janelas convencionais foi de 15 dB. Além disso, o tratamento acústico dentro das janelas pôde aumentar em 2 dB a perda de transmissão. Os autores também perceberam que o isolamento melhorou com um maior distanciamento entre as folhas de vidro, sendo que este fato foi mais perceptível para aberturas maiores.

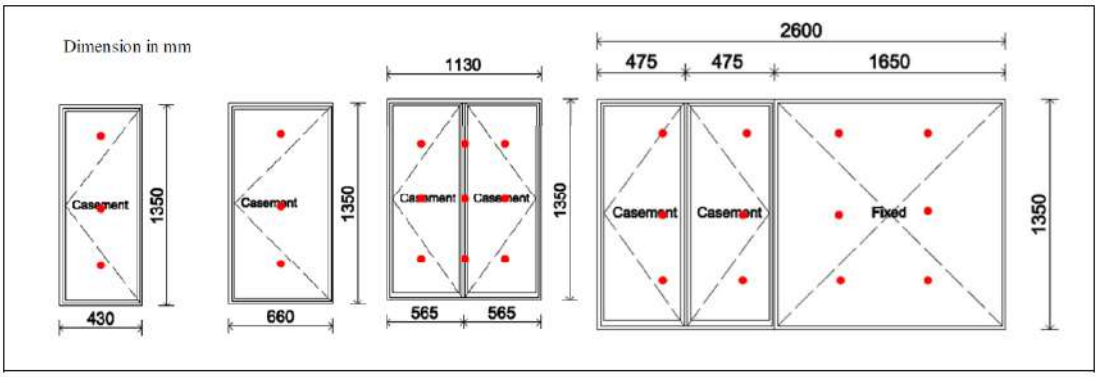


Figura 37 - Imagem com todas as medidas das janelas testadas e com o posicionamento dos microfones, que variou em cada caso. Fonte: TONG e TANG, 2017.

Li *et al.* (2019) estabeleceram um modelo matemático simples para o cálculo da perda de transmissão sonora em janelas. Esse modelo foi validado com medições realizadas em laboratório entre uma câmara semianecóica e outra reverberante. As alterações feitas nas janelas foram, como em outras pesquisas, as dimensões - espessura, comprimento e tamanho das aberturas - e o fato de a moldura interna do dispositivo ser tratada ou não com material absorvente, totalizando 28 modelos. O modelo matemático foi otimizado após as medições acústicas laboratoriais. A perda de transmissão sonora ficou entre 7,3 dB e 13,2 dB considerando as médias em todas as frequências.

Chan e Yeung (2019) estudaram a aplicação de janelas *plenum* e portas de sacada seguindo a mesma tipologia para a mitigação de ruídos em um condomínio residencial de luxo. Primeiramente, foram realizados ensaios laboratoriais. Após, foram feitos ensaios *in situ* em ambientes habitáveis com significativo impacto do ruído de tráfego. Foram testadas três dimensões da tipologia *plenum* e, assim, comparadas com sistemas convencionais. A

primeira era uma janela de menor dimensão com apenas uma abertura. A segunda era maior e possuía duas aberturas. Já a terceira era uma porta entre sala e sacada. As medições foram feitas a 1,2 m do piso e a 1 m da abertura.

Nos ensaios laboratoriais, chegou-se a uma redução de 4,5 a 6,5 dB(A) em comparação às janelas convencionais. Já nas medições *in situ*, constatou-se que o primeiro sistema, da janela menor, obteve uma atenuação de 4,6 dB sem tratamento acústico na moldura interna e de 6,9 dB com tratamento. Na janela maior a atenuação foi de 5,1 dB sem tratamento e de 6,7 dB com tratamento. A porta foi medida apenas sem o material absorvente, atingindo-se uma atenuação de 8,8 dB em comparação aos sistemas convencionais.

4.2) Janelas com aberturas superior e inferior

A pesquisa de Ford e Kerry (1973), apresentada no subitem anterior teve prosseguimento e as janelas de vidro duplo parcialmente abertas foram levadas para medições *in situ* (KERRY e FORD, 1974). Apesar de terem concluído em laboratório que as janelas com aberturas laterais, que corriam horizontalmente, desempenhavam melhor que aquelas que corriam verticalmente, os autores não puderam levar para campo as primeiras janelas, devido à falta de fornecimento.

Assim sendo, dois quartos de uma casa localizada nas proximidades do aeroporto da cidade de Manchester foram usados como ambientes receptores, sendo um voltado para a frente da casa e outro para a parte posterior. As medições de ventilação natural foram realizadas ao mesmo tempo que as de acústica. Um analisador de gás infravermelho foi usado para medir a taxa de desaparecimento de óxido nitroso, gás que havia sido previamente misturado com o ar da sala. A concentração do gás foi medida a cada minuto durante 20 minutos, a fim de calcular a quantidade de renovações.

Os estudos mostraram que é possível obter isolamento acústico de até 30 dB utilizando janela dupla e abertura de 100 mm. Esse valor de isolamento corresponde à diferença de nível sonoro entre o interior e o exterior (medido

a 1 m do centro de cada janela). Foi utilizado também um material com coeficiente de absorção sonora de 0,6 na moldura interna da janela, o que proporcionou um acréscimo de 2 dB em relação ao material com coeficiente de absorção sonora de 0,3. Os resultados de ventilação se mostraram mais satisfatórios no quarto dos fundos da casa, devido à orientação ser mais favorável. Dessa forma, apresentou um mínimo de 2,4 renovações por hora com a menor abertura (25 mm) e de 8 renovações por hora na maior abertura (200 mm).

Yu *et al.* (2017) avaliaram numericamente o isolamento sonoro em diversas configurações de fachadas ventiladas através de fórmulas simples para o cálculo de SRI. Estas fórmulas foram validadas através de ensaios laboratoriais baseados na ISO 10140 (2016). Nos ensaios, uma esquadria modelo com folhas que corriam verticalmente foi inserida entre duas câmaras. Dessa esquadria, foram feitas algumas modificações, com vidro simples e abertura inferior (a), com vidro duplo e abertura alternada (b - inferior na folha externa e superior na folha de vidro interna) e com vidro duplo e material de absorção sonora (c), neste caso foi utilizado painel microperfurado com cavidades alveolares posicionado em toda a extensão da folha de vidro interna (Figura 38).

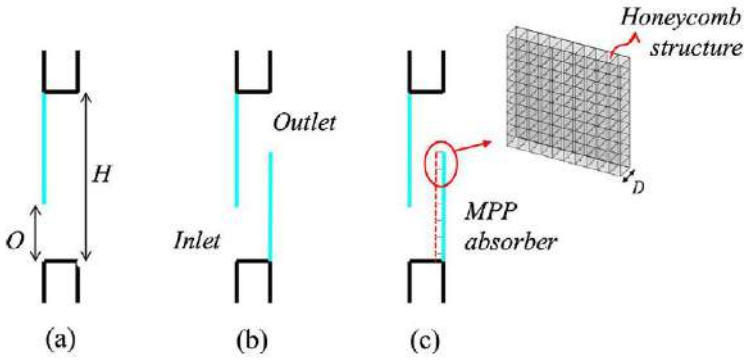


Figura 38 - Corte das tipologias de janelas testadas. Fonte: YU *et al.*, 2017.

As aberturas das janelas foram testadas com diferentes dimensões, bem como o espaçamento entre as folhas de vidro das janelas duplas e a profundidade da microperfuração dos painéis. Percebeu-se que quanto maior é a proporção entre a abertura e a altura das janelas, melhor é a

redução sonora. O SRI obtido pela janela de vidro simples com uma abertura igual a 1/3 da altura foi de 5 dB. Para a janela dupla, com a mesma proporção, o SRI foi de 10 dB e para a janela dupla com a inserção dos painéis de absorção acústica, obteve-se uma redução de 20 dB.

Field e Cuthbert (2019) também avaliaram janelas de vidro duplo com abertura externa inferior e abertura interna superior (Figura 39 e Figura 40). As configurações de janelas medidas foram: fechada com vidro simples, fechada com vidro duplo e abertas com vidro duplo, sendo as aberturas de 5, 10 e 20 cm. Foi utilizado material de absorção sonora, em um primeiro momento, apenas nas molduras laterais internas, e depois, em toda a moldura da câmara interna, incluindo superior e inferior. A ventilação também foi medida no laboratório com os devidos instrumentos.

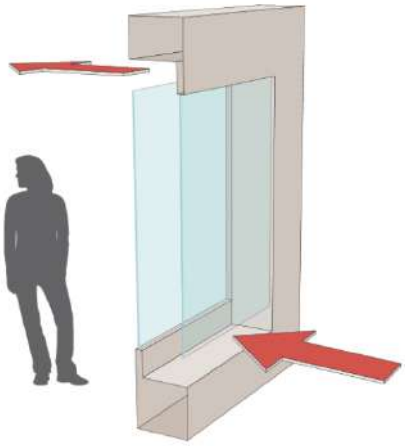


Figura 39 - Janela com representação de escala humana. Fonte: FIELD e CUTHBERT, 2019.

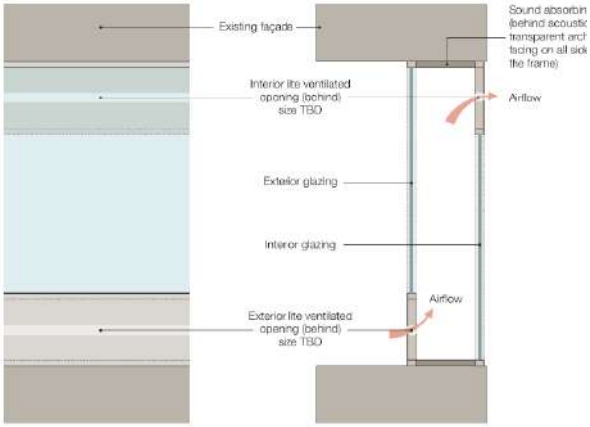


Figura 40 - Elevação e corte da janela com especificações. Fonte: FIELD e CUTHBERT, 2019.

Conforme esperado, os resultados mostraram que quando as aberturas para ventilação aumentam, o isolamento sonoro diminui. Entretanto, a inserção de material absorvente se mostrou muito eficiente para o isolamento acústico em todas as dimensões de abertura avaliadas, principalmente nas altas frequências. Com a abertura de 20 cm, obteve-se um R' de 15 a 30 dB, e com aberturas de 10 cm o R' subiu para 15 a 33 dB. Constatou-se também que a janela com abertura de 5 cm e tratamento com material de absorção em toda a moldura foi tão eficiente quanto a janela fechada de vidro simples,

com R' de 19 a 41 dB. Quanto à ventilação natural, quanto maior a abertura, maior a velocidade dos ventos que chegavam à sala, concluindo-se que este sistema pode ser aplicado com bom desempenho para residências (FIELD e CUTHBERT, 2019).

4.3) Aberturas para ventilação natural e controle de ruído

Para analisar o isolamento sonoro de diversas configurações de fachada, como o exemplo da Figura 41, Viegas (2009) realizou medições acústicas para oito fachadas em modelo reduzido, respeitando a questão da similaridade. As oito fachadas foram medidas em laboratório e comparadas. Além disso, estas e mais três tipologias de fachadas foram simuladas no programa computacional *Raynoise* (Figura 42).

Também foi realizado um estudo de campo, com medições *in situ* em apartamentos do Rio de Janeiro e simulações no *software* citado em três situações diversas: como eram no momento da pesquisa (para fins comparativos com as medições e validação do programa para a pesquisa); com a inserção de algumas estratégias elaboradas e medidas no modelo reduzido e com a inserção de uma placa cimentícia inclinada. Ao final, foram calculados, em planilha *Excel*, os SRIs de todas as fachadas, incluindo as 11 desenvolvidas no trabalho e as medidas na cidade.

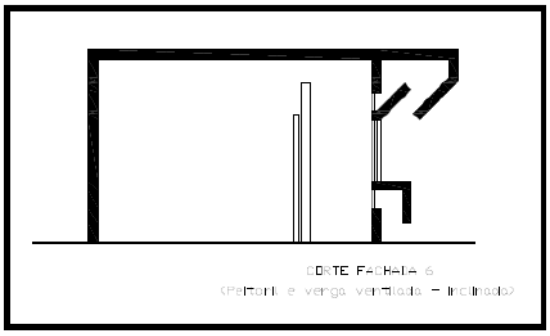


Figura 41 - Corte da Fachada 6, onde foram colocados uma verga e um peitoril ventilados para um espaço de transição. Fonte: VIEGAS, 2009.

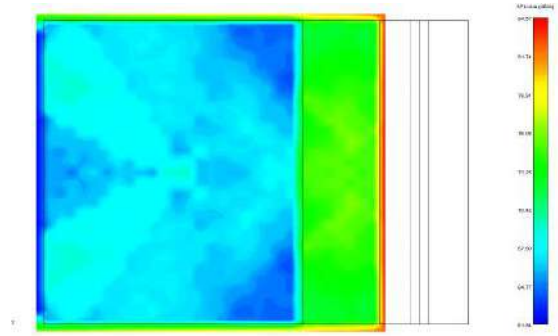


Figura 42 - Simulação da Fachada 6 no *software Raynoise*, considerando que o ambiente está no primeiro pavimento de um prédio. Fonte: VIEGAS, 2009.

A questão da ventilação natural foi também calculada utilizando a fórmula para cálculo da vazão do ar por efeito termo sifão, onde duas configurações estudadas foram descartadas devido à baixa renovação de ar. Dessa forma, a autora conseguiu selecionar uma tipologia de fachada indicada como um ponto ótimo entre as variáveis de ventilação e de acústica. Vale ressaltar que a placa cimentícia inclinada se mostrou muito eficiente nas simulações e a fachada selecionada chegou a uma redução sonora de quase 36 dB na frequência de 2000 Hz (VIEGAS, 2009).

Oiticica (2010) avaliou o desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados. A montagem destes dispositivos foi feita em protótipos de edificações existentes. A abertura para a entrada de ventilação natural foi a mesma para todas as configurações. A largura e altura do peitoril e sua distância em relação à construção foram as dimensões que sofreram alterações. Os materiais também foram alterados e houve a inserção de material absorvente em diversos locais do peitoril e da edificação. Várias fases de medições foram realizadas no trabalho. A primeira fase foi a experimental, dividida em duas etapas, quando foram testadas diversas configurações de peitoris com material simples (compensado), a fim de entender quais eram as dimensões mais eficientes para o controle de ruído (Figura 43) e qual a melhor localização para o material absorvente (Figura 44). A segunda etapa foi a aplicativa, dividida em comparação, investigação, em que foram testadas 8 configurações com diferentes materiais, e melhoramento, quando mais 8 materiais foram testados. Após a fase aplicativa, foi possível perceber que os peitoris em chapa metálica e PVC tratados com material absorvente proporcionaram isolamento sonoro de 26 dB, ou seja, 14 dB a mais que uma abertura simples.

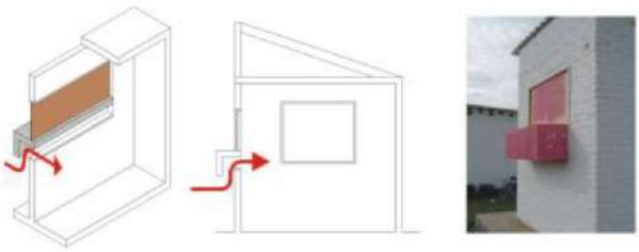


Figura 43 - Imagens esquemáticas e fotografia das medições do peitoril ventilado "tipo a" (curto), na fase experimental. Fonte: OITICICA, 2010.

Figura 44 - Imagens esquemáticas e fotografia das medições do peitoril ventilado, com lã de rocha. Fonte: OITICICA, 2010.

Araújo (2010) e Araújo e Bistafa (2012) desenvolveram elementos vazados, popularmente conhecidos como *cobogós* no Brasil, acusticamente tratados. Como metodologia, foi elaborado um protótipo virtual (Figura 45), partindo-se das relações geométricas dos ressonadores de *Helmholtz*. Um ressonador de *Helmholtz* é um dispositivo capaz de absorver energia sonora e consiste de uma passagem de ar e de uma cavidade com um volume de ar. Foram elaborados protótipos físicos para os testes das medições de isolamento acústico, a partir da variação das dimensões do bloco, dos espaçamentos das áreas vazadas e da inserção de material absorvente. Um total de quatro tipologias de elementos foram medidas acusticamente *in situ* e simuladas no programa computacional *PHOENICS 3.2*, a fim de avaliar a passagem da ventilação natural (Figura 46). Após, foi realizada uma análise estatística a partir da interpretação dos dados coletados, com base no teste de hipóteses *F-Fisher/Snedeco* e do modelo de planejamento tipo fatorial.

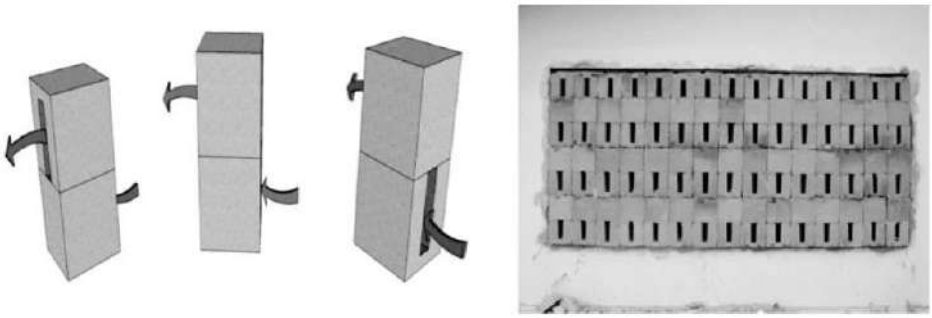


Figura 45 - Desenhos e fotografia de uma das tipologias de cobogó acústico. Fonte: ARAÚJO e BISTAFA, 2012.

Constatou-se que dois blocos apresentaram os melhores índices de isolamento sonoro, com um R_w de 21dB, correspondendo a 73% de isolamento. A lã de vidro dentro dos ressonadores não representou grande diferença acústica, apesar de ter melhorado o isolamento em algumas frequências. Quanto à ventilação natural, percebeu-se que as velocidades do ar dos elementos vazados acústicos são compatíveis com outros cobogós sem tratamento acústico. É importante ressaltar que um dos elementos que apresentou melhor eficiência no controle de ruído também apresentou melhor eficiência para a ventilação natural.

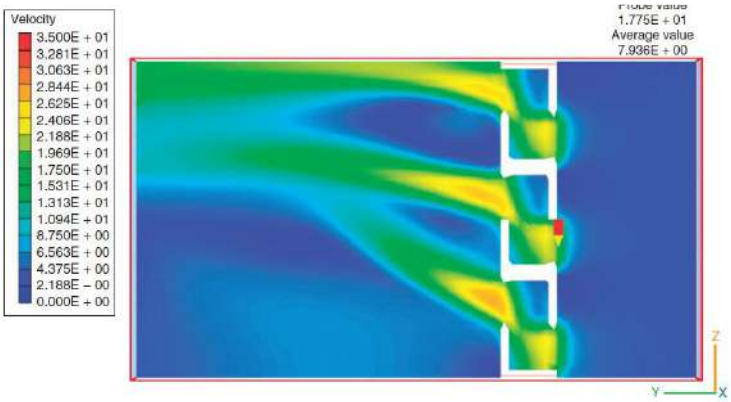


Figura 46 - Simulação CFD em corte exibindo os fluxos de vento que passam pelas aberturas. Fonte: ARAÚJO e BISTAFA, 2012.

Outro sistema de ventilação natural testado quanto ao desempenho para controle de ruído foram as fachadas duplas (BAJRAKTARI *et al.*, 2015a). Essas fachadas foram medidas em laboratórios, representadas por duas camadas de papelão posicionadas a uma distância de 43 cm entre duas câmaras reverberantes. Cada camada possuía um *grid* de 25 quadrados removíveis, envoltos por uma estrutura de alumínio, conforme a Figura 47. Dessa forma, os quadrados poderiam ser colocados ou removidos, permitindo simular diversas configurações de aberturas em fachadas duplas. Diferentes níveis de materiais absorventes também foram colocados na cavidade entre as fachadas. Foram testadas 94 configurações de aberturas, com distâncias variáveis (Figura 48), e os autores afirmam que o R_w ficou entre 27 e 35 dB.

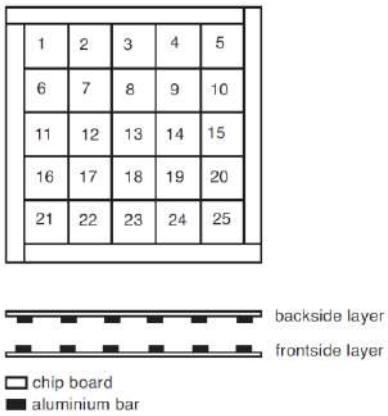


Figura 47 - Grid utilizado para as medições de fachadas duplas. Fonte: BAJRAKTARI *et al.*, 2015.

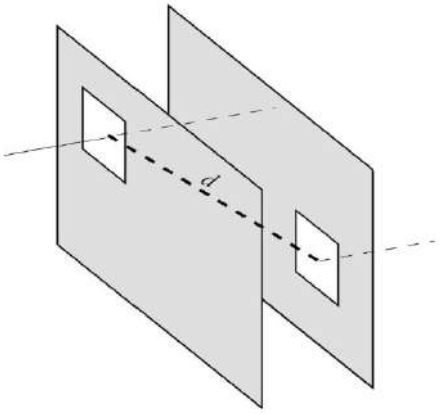


Figura 48 - Representação da distância entre os centros das aberturas. Fonte: BAJRAKTARI *et al.*, 2015.

Na continuação da pesquisa (BAJRAKTARI *et al.,* 2015b), a mesma metodologia foi aplicada, porém chegou-se ao teste de 176 configurações de aberturas em fachadas duplas. O R_w máximo atingido neste caso foi de 47 dB, quando colocaram a abertura da fachada externa no canto superior esquerdo, a da fachada interna no canto inferior direito e reduziram a área das aberturas de 0,25 m² para 0,0625 m².

Yu (2019) avaliou o isolamento acústico promovido por janelas com metassuperfícies, onde foram colocadas diversas superfícies com espaçamento entre elas, criando uma câmara ressonante (Figura 49). Primeiramente, foi decidido o tamanho do vão onde as janelas ficariam. Após, foi utilizado o método de elementos finitos para prever a perda de transmissão sonora em cada um dos quatro tipos de *grid*. Em um terceiro momento, foram realizadas medições *in situ* para confirmação dos cálculos, apenas para o *grid* de 3x3 que se mostrou mais eficiente na primeira fase (Figura 50). A parede onde as janelas foram posicionadas se localizava entre duas salas, sendo uma usada como sala emissora e outra como receptora (Figura 51). Os testes *in situ* confirmaram o que havia sido previsto nos cálculos. Então, o R_w, tanto no método de elementos finitos, quanto nas medições laboratoriais, foi de 22 dB, para a o *grid* de 3x3. Vale ressaltar que a perda de

transmissão sonora ficou acima de 20 dB para as frequências maiores que 800 Hz.

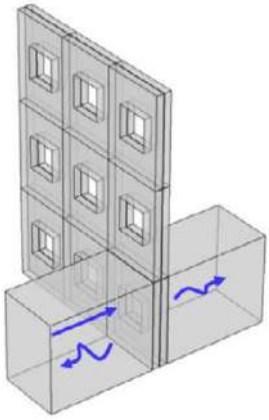


Figura 49 - *Grid* analisado. Fonte: YU, 2019.

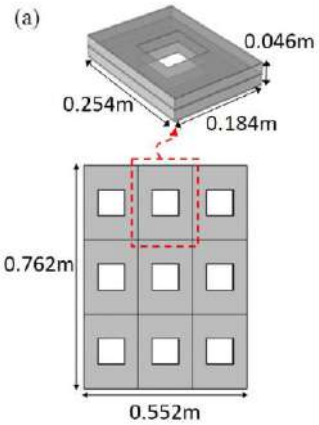


Figura 50 - Dimensões do *grid*. Fonte: YU, 2019.

Figura 51 - Medições. Fonte: YU, 2019.

Em Singapura, os pesquisadores Du *et al.* (2019) avaliaram o desempenho de diversas disposições de material de absorção sonora em abertura para ventilação. A abertura foi inserida entre duas salas reverberantes, uma funcionando como sala emissora e outra como sala receptora (Figura 52), para as medições de perda de transmissão sonora em cinco configurações diferentes. Não foi utilizado o vidro como nas outras pesquisas, mas sim placas de silicato de cálcio (Figura 53), visto que o objetivo não era a medição de redução sonora provocada pela janela, mas sim o impacto de diferentes configurações de material absorvente na cavidade de passagem de vento. A primeira configuração possuía duas folhas de silicato de cálcio com aberturas, inferior na folha externa e superior na interna, sem tratamento acústico, a segunda configuração possuía apenas uma folha do material e não apresentava abertura.

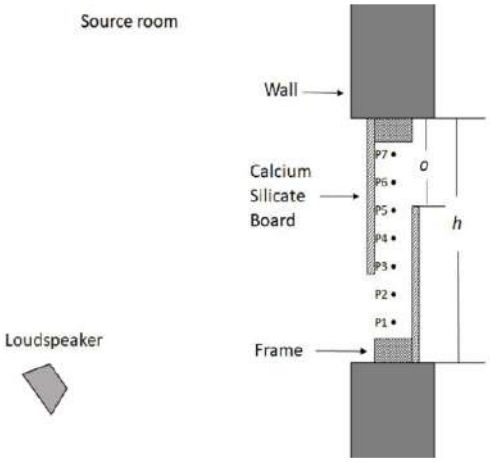


Figura 52 - Corte da partição com pontos de medição e especificação de materiais e equipamentos. Fonte: DU *et al.,* 2019.

Figura 53 - Vista frontal da partição ventilada testada, a partir da sala receptora. Fonte: DU *et al.,* 2019.

As três configurações seguintes possuíam as duas camadas e as aberturas, como a primeira, porém todas com tratamento acústico (Figura 54), sendo uma na moldura da cavidade, atingindo uma perda de transmissão de 22 dB, outra na moldura da cavidade e em toda a extensão de uma das placas, alcançando uma perda de 32 dB. Na quinta configuração, o material absorvente foi colocado em blocos triangulares. Nesta configuração a perda de transmissão obtida foi de 26 dB.

Figura 54 - Disposição de material absorvente em três configurações testadas. Fonte: DU *et al.,* 2019

Através da utilização de três *softwares* de acústica, Lorenzen (2019) propôs uma janela com um dispositivo na parte lateral (Figura 55), com possibilidade de fechamento (Figura 56) ou abertura (Figura 57) independente da janela. O *ODEON 15* foi utilizado para testar as propriedades acústicas da

janela, o *SoundPlan 8.0* foi usado para a predição do espectro de ruído de tráfego rodoviário e o *INSUL 9.0*, por ser um *software* voltado para o isolamento sonoro, foi empregado no fornecimento dos dados de transmissão sonora aos materiais. As simulações foram confirmadas através de medições em campo, com uma pequena diferença nos resultados. Nas simulações, alcançou-se uma redução sonora (R') de 15 dB e nas medições, de 13dB. Para o ruído de tráfego viário, obteve-se uma redução de 14 dB, nas simulações, e de 11 dB nas medições *in situ*.

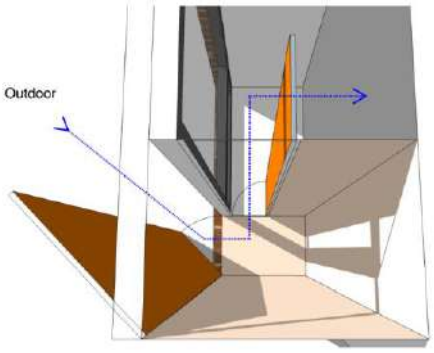


Figura 55 - Mecanismo de entrada de vento da abertura. Fonte: Lorezen, 2019.

Figura 56 - Janela com elemento lateral fechado. Fonte: Lorezen, 2019.

Figura 57 - Janela com elemento lateral aberto. Fonte: Lorezen, 2019.

4.4) Sacadas

Mohsen e Oldham (1977) criaram um modelo matemático para a avaliação do controle de ruído em sacadas. Como forma de ajustar as equações, foram feitas medições laboratoriais em modelo de escala reduzida de 1:10 no interior de uma câmara anecoica, com a alteração de variáveis importantes, como tipos de janelas, tipos de sacadas, distância da via e orientação. Os autores concluíram que as sacadas podem ser utilizadas em pontos acusticamente fracos da fachada das construções para proteger os ambientes contra o tráfego de veículos, proporcionando uma perda de inserção de até 10 dB no índice de ruído de tráfego (TNI, do inglês *Traffic Noise Index*) e uma atenuação de 5,5 dB no nível sonoro L_{10}, que corresponde ao nível de pressão sonora excedido em 10% do tempo de medição. Também foi

percebido que a fórmula utilizada para a perda de transmissão sonora em sacadas não representa muito bem a correta atenuação. Dessa forma, foi criado um modelo de correção para ser usado nestes casos.

No trabalho de Lo *et al.* (2014) também foi apresentada uma sacada acústica como inovação. Para as medições, foi construído um edifício em escala real de três pavimentos (Figura 58), onde seis configurações de sacadas, com diferentes materiais foram testadas, sendo a primeira configuração sem estratégia de mitigação para fins comparativos. Diversos alto-falantes foram colocados na parte externa, simulando uma via. Essa configuração de sacada foi modificada esteticamente para ser instalada em uma edificação existente (Figura 59). Os resultados da sacada acústica alcançaram uma redução de 6,4 dB em comparação à sacada sem estratégia de mitigação.

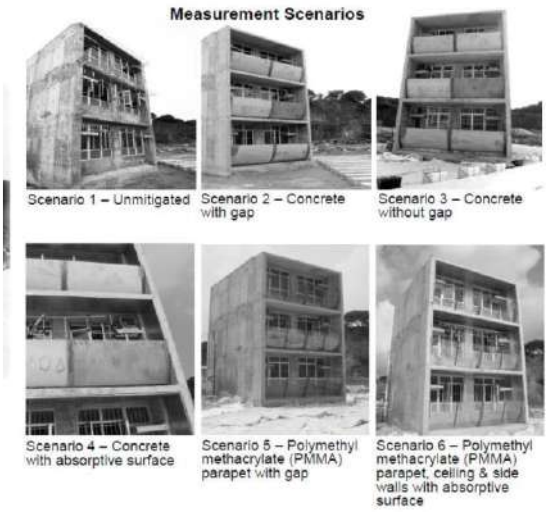


Figura 58 - Cenários de sacadas testadas. Fonte: LO *et al.,* 2014

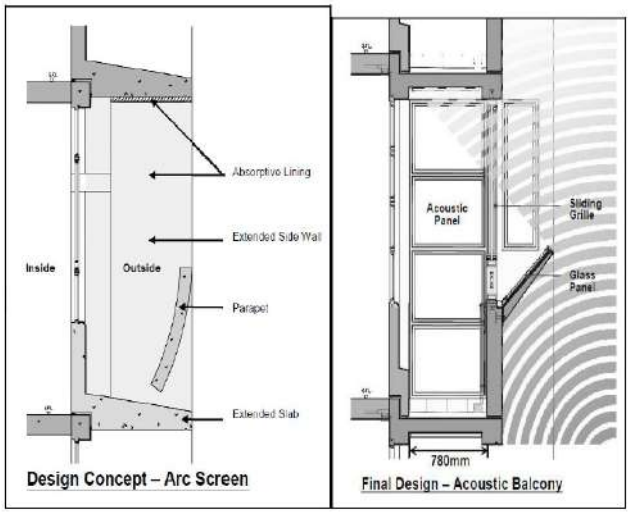


Figura 59 - Projeto conceitual e final do guarda-corpo da sacada. Fonte: LO *et al.,* 2014

4.5) Brises

Viveiros e Gibbs (2003) propuseram um modelo de medição direta para a perda de transmissão sonora em venezianas acústicas através do método de resposta impulsiva, o modelo foi comparado com as medições laboratoriais feitas em câmara acústica. De acordo com o método aplicado, as venezianas com uma inclinação de 45º são mais eficientes nas frequências

entre 1000 e 5000 Hz, atingindo uma perda de transmissão de 14 a 22 dB. Concluiu-se, a partir das equações e medições, que o dispositivo não apresenta bom desempenho acústico nas baixas frequências.

Vettorazzi *et al.* (2014) desenvolveram um *brise* acústico, que pode ser instalado em janelas convencionais. O dispositivo tem por objetivo unir todas as variáveis do conforto ambiental, proporcionando iluminação e ventilação natural e bloqueando o ruído. Trata-se de uma moldura onde se inserem 10 lâminas horizontais, com possibilidade de serem rotacionadas (Figura 60). Foram realizados ensaios em um protótipo em escala real, posicionado em frente a uma caixa (Figura 61). Os resultados mostraram que o dispositivo fornece uma redução sonora de 10,3 dB para as lâminas horizontais; de 9,4 dB para lâminas inclinadas a 25 ° acima na parte interna; de 16,1 dB quando a inclinação é de 40 ° e de 9,8 dB quando as lâminas são inclinadas 25 °para baixo na parte interna.

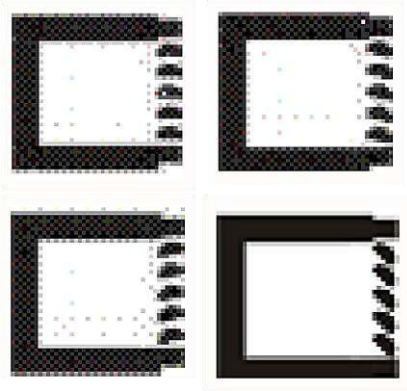


Figura 60 - Cenários de ensaio, sem ou com rotação das lâminas. Fonte: Vettorazzi *et al.,* 2014.

Figura 61 - Protótipo do dispositivo para ensaio. Fonte: Vettorazzi *et al.,* 2014.

4.6) Painéis Acústicos

No Reino Unido, foram avaliados os desempenhos acústico, lumínico e de ventilação de painéis microperfurados transparentes (MPA) inseridos em janelas tipo *plenum* (KANG e BROCKLESBY, 2005; KANG, 2006). Kang e Brocklesby (2005) realizaram ensaios laboratoriais entre uma câmara semianecóica (utilizada como sala emissora), com o posicionamento de um

microfone e uma câmara reverberante (sala receptora), com cinco microfones em pontos estratégicos.

Para a ventilação natural, foi usado um ventilador, que funcionava fora da câmara semianecóica e tinha o fluxo de ar conduzido para a sala através de um duto. Para a iluminação, foram colocadas duas caixas de luz, uma para emitir luz difusa e outra para a captação. A configuração deste sistema de câmaras se encontra na Figura 62. Foi avaliada a janela com duas folhas de vidro e com 4 painéis microperfurados transparentes. O distanciamento entre os vidros e a inclinação e distância do MPA foi sendo alterada em cada medição, conforme Figura 63 (KANG e BROCKLESBY, 2005).

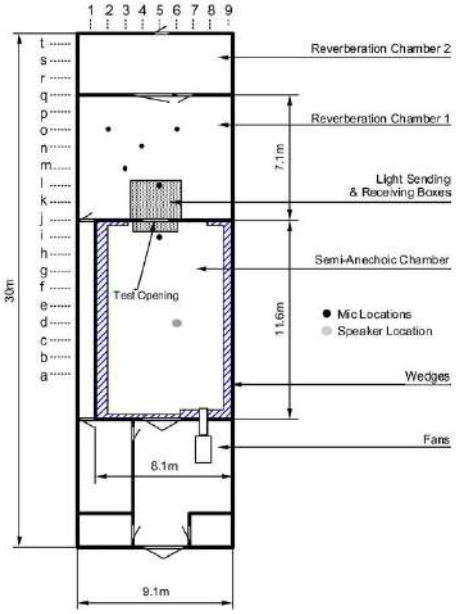


Figura 62 - Planta da configuração de câmaras utilizadas nas medições de acústica, ventilação e iluminação. Fonte: KANG e BROCKLESBY, 2005

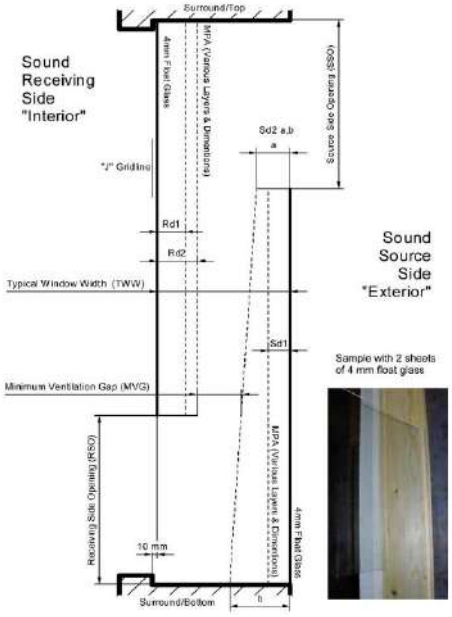


Figura 63 - Corte e imagem com a configuração da janela testada e suas medições variáveis. Fonte: KANG e BROCKLESBY, 2005

Concluiu-se que os painéis são muito eficientes no controle de ruído e não interferem na ventilação natural. Quanto à iluminação, ela começa a ficar prejudicada ao se utilizar mais de duas camadas do painel. Com os resultados mostrados foi possível notar também que quanto maior é a espessura do vão entre os vidros, maior também é a perda de transmissão sonora. E o mesmo ocorre se afastar um pouco o painel das folhas de vidro. A

média de perda de transmissão sonora ficou entre 27,4 dB e 33,5 dB para as frequências de 500 e 8000 Hz, dependendo da configuração das janelas.

Em 2016, Higgins *et al*. (2016) avaliaram a ventilação e a transmissão sonora através de painéis acústicos. A pesquisa teve três fases, sendo duas em laboratório e uma *in situ*. Na primeira, feita em uma partição entre duas salas ativas para testes, foram inseridas quatro configurações de canais para os painéis acústicos: reto, em "L", em "U" e em "Z". Essas medições foram feitas sem inserção de material acústico e constatou-se que a configuração em "Z" seria mais eficiente, promovendo neste momento uma redução sonora de 8,6 dB. Após, foram testadas 45 configurações de diferentes dimensões com inserção ou não de material acústico, chegando-se, por fim, a 6 configurações, que foram testadas *in situ*. Os autores concluíram que comprimentos mais longos promovem boa absorção sonora e fluxo de ar e que uma curvatura após um comprimento curto causa alta resistência ao fluxo. Concluiu-se também que a fibra de vidro forrada de algodão (*Knauff Plenum*) superou a espuma acústica de alta densidade utilizada.

4.7) Controle Ativo

Visto que as técnicas de controle ativo de ruído são muito eficientes em baixas frequências, Pámies *et al.* (2014) demonstraram a sua aplicabilidade para limitar a perda de atenuação devido à abertura de janelas e a sua eficiência para o controle de ruído de aviões. A casa onde o experimento foi feito se localiza a 550 m do aeroporto de Malpensa, em Milão. Foi realizada uma estratégia de controle antecipada através de um sistema com algoritmo adaptativo *Filtered-x Least Mean Square* (*FxLMS*). Este algoritmo consegue detectar mudanças no sinal primário rapidamente, é sensível a erros e relativamente fácil de implementar. Também é efetivo no caso de fontes sonoras em movimento. O microfone de referência, ligado ao algoritmo, foi inserido a 15 m da fachada da edificação, para detectar a fonte sonora. Já a fonte secundária e o microfone de erro foram colocados perto da janela, conforme mostra a Figura 64.

O desempenho foi avaliado pela atenuação atingida dentro da sala da edificação, através de três microfones de monitoramento. A perda de transmissão sonora obtida, entre as frequências de 80 a 500 Hz foi de 0,7 a 5,2 dB e a atenuação sonora global no espectro de baixa frequência (20 a 160 Hz) foi de 3 dB – em comparação à janela aberta sem o controle ativo – o que representa quase metade da atenuação obtida com a janela fechada.

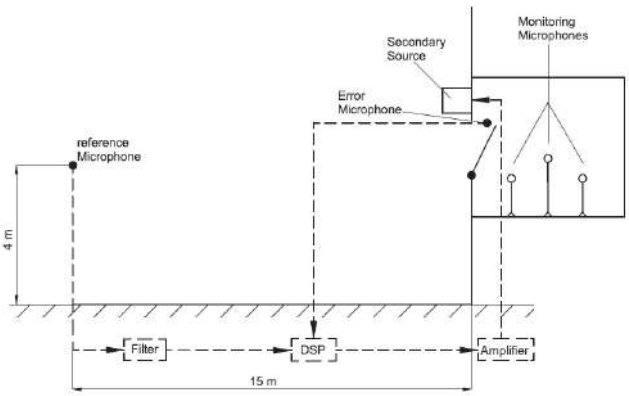


Figura 64 - Desenho esquemático do sistema de controle ativo de ruído. Fonte: PÁMIES *et al.*, 2014.

Wang *et al.* (2017) também fizeram uso de técnicas ativas de controle de ruído, implementando um sistema em que as fontes secundárias utilizadas para anular o ruido se localizavam na moldura da abertura e não em frente a ela, sem dificultar a ventilação, a iluminação ou a visibilidade. Foi realizada uma investigação numérica e duas investigações experimentais: a primeira em uma caixa de madeira e a segunda em uma sala semifechada composta por superfícies de células hiperboloides, chamada de *Fabpod*. Na primeira investigação, a redução sonora foi comparada em duas situações: com o posicionamento das fontes na frente da abertura e com o posicionamento das fontes no contorno da abertura, conforme as duas imagens da Figura 65.

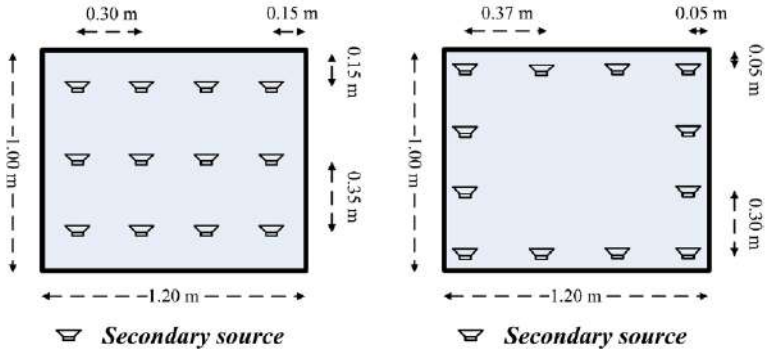


Figura 65 - Comparação de situações na primeira investigação realizada. Fonte: WANG *et al.*, 2017.

Foi utilizado um controlador comercial ativo para ruído (*Tiger ANC II*) com o algoritmo *FxLMS*. No *Fabpod*, as fontes secundárias foram colocadas na abertura superior, representadas na Figura 66 pelo retângulo em vermelho.

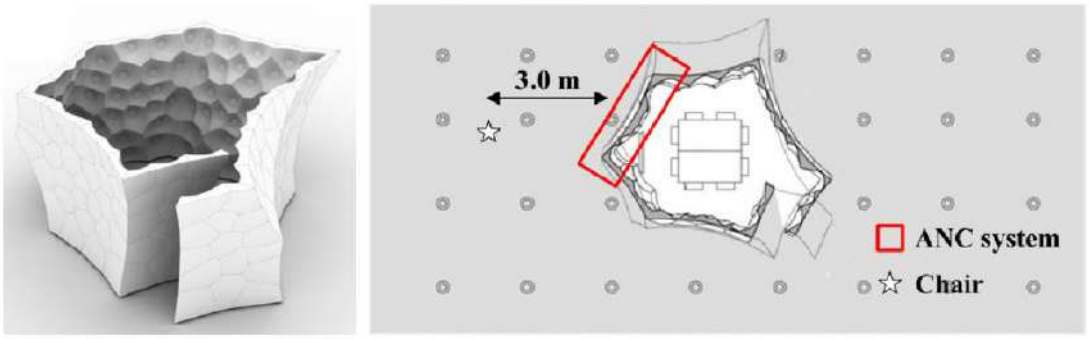


Figura 66 - Fabpod em 3D e planta, posicionamento do sistema de controle ativo em vermelho e a cadeira representada por uma estrela. Fonte: WANG *et al.*, 2017.

A investigação numérica mostrou que posicionando as fontes a frente da abertura, a redução sonora para as frequências abaixo 300 Hz foi de mais de 30 dB e entre 400 e 600 Hz, foi de mais de 20 dB. Entretanto, quando as fontes foram posicionadas no contorno da abertura, a efetividade do sistema foi para uma redução sonora de menos de 10 dB entre 400 e 600 Hz. No *Fabpod*, a redução sonora foi de mais de 10 dB nas frequências 150, 190, 250, 690, 720 e 810 Hz, sendo a média de redução sonora para as frequências abaixo de 1000 Hz igual a 9,9 dB.

Nunez *et al.* (2019) apresentaram uma técnica acústica híbrida para ser aplicada em venezianas acústicas com controle ativo de ruído para frequências abaixo de 1000 Hz e espuma acústica colada nas venezianas, isto é, controle passivo, para frequências acima de 1000 Hz. Os testes consistem em uma veneziana de dois módulos em formato de "V" (Figura 67), posicionada na entrada de uma câmara acústica, acoplada a um sistema de controle ativo (Figura 68) do tipo *FxLMS* (*Filtered-x Least Mean Square*) implementado com algoritmo de controle *Arduino*. Foram feitas medições dentro e fora da câmara para calcular a perda por inserção da veneziana acústica sem o sistema de controle ativo. Foram obtidos bons resultados com

máxima atenuação de 20 dB para as frequências entre 380 e 470 Hz e para as frequências de 3300 a 4500 Hz. A média total de atenuação foi de 13 dB.

Figura 67 - Tipologia em "V" da veneziana analisada. Fonte: NUNEZ *et al.*, 2019.

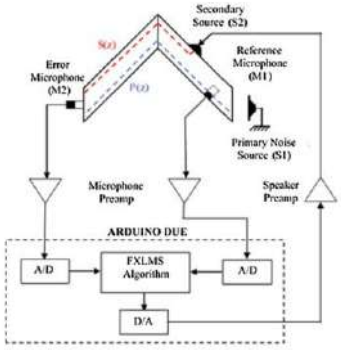


Figura 68 - Desenho esquemático do sistema de controle de ruído ativo. Fonte: NUNEZ *et al.*, 2019.

4.8) Sistemas comerciais

A empresa francesa *Decibel France* desenvolveu grelhas acústicas para ventilação, denominadas *Grilles Ventibel*® (Figura 69), de seção retangular estruturada em aço galvanizado com um conjunto de aletas absorventes paralelas entre si e inclinadas. As dimensões são variáveis e as aletas podem ser simples ou duplas, alterando o índice de redução sonora, conforme Figura 70.

Figura 69 - Grelhas da empresa Decibel France. Fonte: Decibel France.

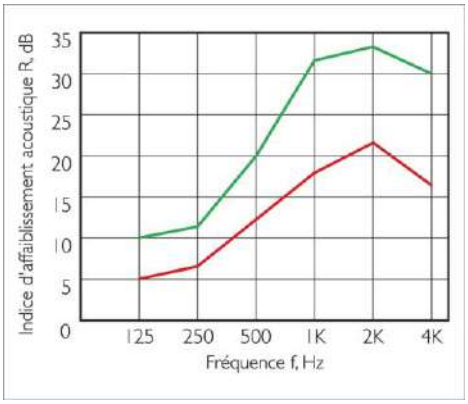


Figura 70 - Índice de redução sonora das grelhas com aletas simples, em vermelho, e com aletas duplas, em verde. Fonte: Decibel France.

A empresa *RENSON®*, de origem belga, possui diversos dispositivos de ventilação higiênica, feitos apenas para a renovação de ar do ambiente e

não necessariamente para o conforto térmico, servindo bem para os países de clima temperado aos quais a empresa se destina. As venezianas da empresa apresentam diversas tipologias de perfis e materiais, as informações técnicas estão disponíveis para diversos ensaios (acústicos, de ventilação e de estanqueidade à água). A veneziana do tipo "*Linius L.060ac*" é feita em alumínio extrudado, lã mineral e tira de PVC perfurada (Figura 71 e Figura 72).

Figura 71 - Veneziana acústica da RENSON® aplicadas em uma construção. Fonte: RENSON.

Figura 72 - Estrutura das venezianas. Fonte: RENSON.

A mesma empresa possui, também, diversas tipologias de janelas com a tecnologia *i-Flux*® (Figura 73), que é baseada em três princípios: autorregulação, com aletas que reagem às mudanças de pressão; aba interna que pode ser controlada manualmente, fornecendo ao usuário poder de controle do ambiente interior; e fluxo de ar ascendente, o que resulta em uma melhor distribuição do ar no ambiente, garantindo conforto. A janela "*Invisivent evo*" (Figura 74) é um exemplo do emprego desta tecnologia, contando também com tela para impedir a entrada de insetos.

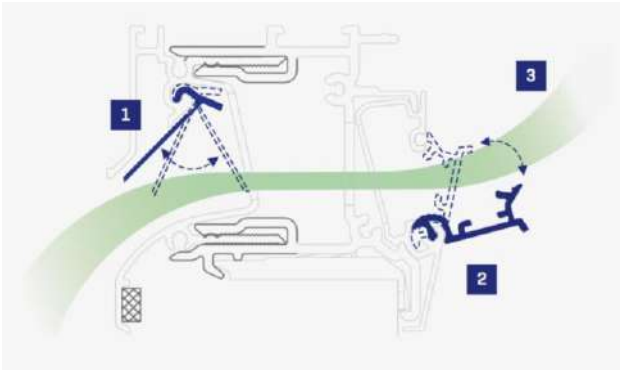


Figura 73 - Imagem com a tecnologia i-Flux®. Fonte: RENSON.

Figura 74 - Janela "Invisivent evo". Fonte: RENSON.

No Reino Unido, a empresa de consultoria acústica *MachAcoustics do MachGroup* desenvolveu e patenteou o produto *NAT Vent Attenuator,* como uma tentativa de "superar os conflitos entre ventilação natural e acústica" (MACHACOUSTICS, s/d). O atenuador é formado por elementos produzidos em espuma acústica e em forma de W, criando uma série de ondas alternadas.

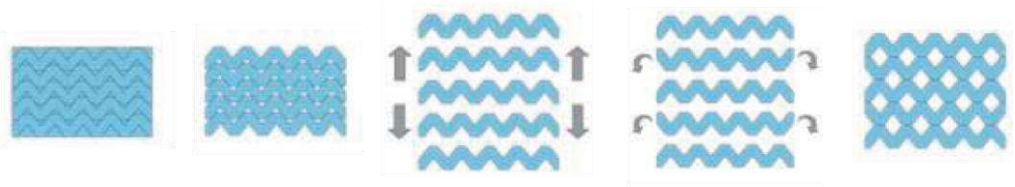


Figura 75 - Processo de corte e montagem da espuma acústica do *NAT Vent Attenuator*. Fonte: MachAcoustics, s/d.

A partir dessa espuma, em formato de favo de mel, com estruturas alveolares, foi criada a *Nat Vent Box,* que consiste em uma grelha externa, por onde o vento entra, passando por um registro, onde o fluxo de vento pode ser controlado manualmente, a depender da necessidade do clima e do usuário. Então, após o controlador de fluxo, é inserido o atenuador e uma outra grelha, dessa vez interna à edificação. O isolamento sonoro do sistema irá depender da profundidade do atenuador.

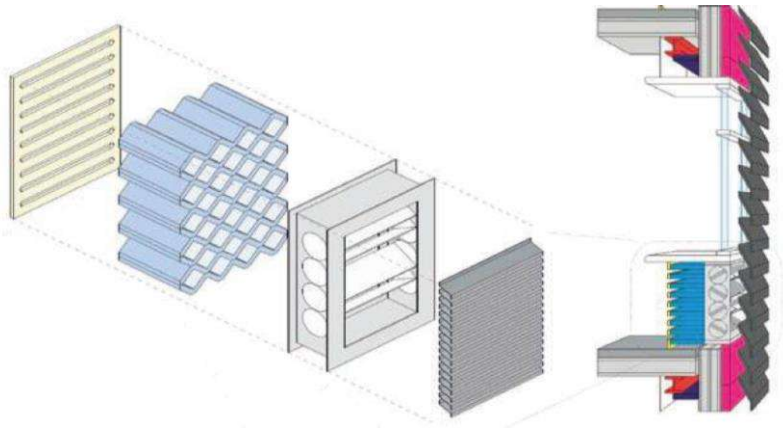


Figura 76 - Sistema do Nat Vent Box. Fonte: MachAcoustic, s/d.

A empresa ressalta que o produto foi desenvolvido para apresentar versatilidade de uso, podendo ser inserido em qualquer fachada, acima, abaixo ou ao lado das janelas, tendo suas dimensões alteradas para cada situação. Também é possível inseri-lo em dutos de ventilação e aberturas entre dois ambientes, de forma a evitar o *crosstalk*[11].

A *MachAcoustics* também sugere a aplicação de outros tipos de janelas, como forma de deixar o vento passar para o interior das edificações, atenuando o ruído externo, como a sobreposição de fachadas e a utilização de placas de células fotovoltaicas como barreira acústica.

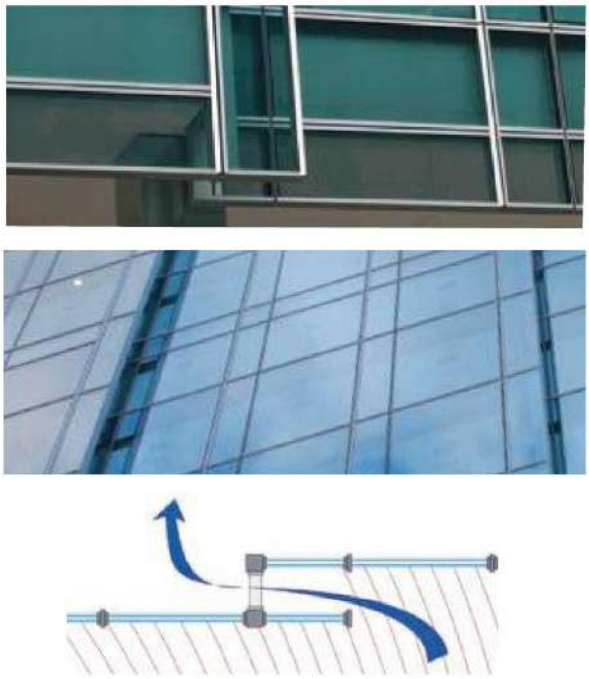


Figura 77 - Sobreposição de fachadas para atenuação de ruído. Fonte: MachAcoustic, s/d.

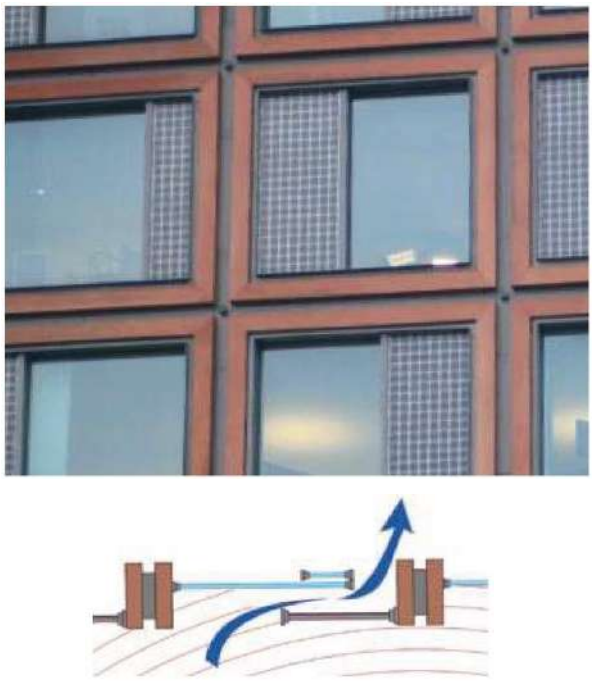


Figura 78 - Placas de células fotovoltaicas como barreira acústica. Fonte: MachAcoustic, s/d.

4.9) Considerações

Tendo em vista a revisão bibliográfica presente neste item e a disponibilidade de outros trabalhos publicados, que não foram mencionados aqui, verifica-se que nos últimos dez anos tem sido desenvolvido um número

[11] O *crosstalk* ocorre quando o ruído proveniente de um ambiente afeta outros ambientes, adjacentes ou não, seja por transmissão através de frestas, forros, paredes com baixo isolamento ou dutos de ventilação.

expressivo de pesquisas sobre o controle de ruído em aberturas ventiladas. Entretanto, esta quantidade ainda está longe de ser satisfatória.

Deve-se avançar mais ainda, principalmente no que diz respeito à importância da ventilação natural neste cenário. Identificou-se uma forte tendência de se avaliar preferencialmente a questão acústica, colocando-se a ventilação para um segundo plano e, em muitos casos, esta variável nem é considerada. Precisa-se avançar também no desenvolvimento de metodologias que analisem estas duas questões do conforto de forma conjunta, documentando a influência que uma exerce sobre a outra, os pontos de convergência e os pontos de divergência.

Outra questão importante a ser buscada é a uniformização de apresentação dos resultados. Cada trabalho apresenta os índices com nomenclaturas diferentes, e às vezes não considera todas as frequências, porém sem deixar isso explícito. Essa operação torna difícil a retomada e avanço desses trabalhos por outros pesquisadores e a comparação entre diferentes tipologias.

Com relação à realidade climática do Brasil, é necessário que sejam desenvolvidas mais tipologias de dispositivos de fachada com aplicação prática, funcional, econômica e ambiental. Nota-se que, como o maior número de pesquisas é desenvolvido por pesquisadores asiáticos, é levada em consideração a realidade climática desses países no desenvolvimento de dispositivos, onde a ventilação higiênica, com poucas renovações de ar por hora, é suficiente para a manutenção da salubridade nas edificações.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram selecionadas as seguintes tipologias: janelas com aberturas laterais de Li *et al.* (2019); janelas com aberturas inferiores e superiores de Fiel e Cuthbert (2019); diferentes configurações de material absorvente em aberturas inferior e superior de Du *et al.* (2019); aberturas com metassuperfícies de Yu (2019); fachadas duplas ventiladas de Bajraktari (2015); peitoris ventilados de Oiticica (2010); *brises* de Vettorazzi *et al.* (2014); aberturas posicionadas na lateral da janela de

Lorenzen (2019) e cobogós acústicos de Araújo (2010). Mais detalhes sobre esses elementos serão fornecidos no próximo capítulo.

Tabela 17 - Tabela com compilação dos resultados das referências encontradas.

Tipologia	Autores	Método	Resultados		Outras conclusões
			Acústica	Ventilação	
Janelas com aberturas laterais	Ford e Kerry, 1973	Medições laboratoriais	Aberturas de 2,5 cm e afastamento entre folhas de 20 cm: SRI = 20 dB; com material absorvente: SRI = 27 dB. Aberturas e afastamento entre folhas de 20 cm: SRI = 14 dB; com material absorvente: SRI = 20 dB.	-	As janelas com aberturas laterais apresentaram isolamento maior que as com aberturas inferior e superior. A inserção de material de absorção entre as folhas das janelas é eficiente no isolamento global. Quanto maior a espessura da câmara entre as folhas de vidro, maior o índice de redução sonora, principalmente para as baixas frequências. Maior eficiência ao tráfego aeroviário do que ao tráfego rodoviário, isolando 2 dB a mais no primeiro.
	Lo *et al.*, 2014	Medições laboratoriais e *in situ*	Perda por inserção de 8,0 dB em comparação à janela convencional.	Foi garantida a renovação de ar prevista na lei de Hong Kong (1,5 renovações/hora).	-
	Tong *et al.*, 2015	Medições *in situ*	Índice de redução sonora ponderado (R_w) de até 14,4 dB em configurações onde a sala de estar e o quarto eram separados (com ou sem mobiliário), obtendo-se uma redução bem maior que 10 dB nas altas frequências. Para o ruído de tráfego, a redução ficou entre 7,1 e 9,5 dB.	-	A redução sonora foi mais eficiente para os ambientes sem mobiliário (0,5 dB de diferença).

	Tong e Tang, 2017	Medições laboratoriais	Atenuação sonora de 10 dB do ruído de tráfego, sem tratamento de material absorvente. Perda de Transmissão máx. = 19 dB Perda por Inserção máx. = 15 dB, quando comparada às janelas convencionais.	-	A inserção de material absorvente pode aumentar em 2 dB o isolamento do sistema. O isolamento aumenta com um maior distanciamento entre as folhas de vidro, sendo mais perceptível para aberturas maiores.
	Li *et al.*, 2019	Modelo matemático e medições laboratoriais	Perda de transmissão média = 7,3 dB a 13,2 dB considerando todas as frequências.	-	Constatou-se que quanto maior a distância entre os centros das aberturas, maior o isolamento sonoro.
	Chan e Yeung, 2019	Medições laboratoriais e *in situ*	Janela menor, perda por inserção de 6,9 dB. Janela maior, perda por inserção de 6,7 dB. Ambas com material de absorção sonora e medidas em comparação a janelas convencionais de mesma dimensão. Na porta atingiu-se uma perda por inserção de 8,8 dB, sem material absorvente.	-	-
Janelas com aberturas inferiores e superiores	Kerry e Ford, 1974	Medições *in situ,* com analisador de gás infravermelho	Aberturas de 10 cm e afastamento entre folhas de 20 cm, com material absorvente: SRI = 30 dB para ruído aeroviário e SRI = 28 dB para ruído de tráfego.	Na menor abertura (2,5 cm) obteve 2,4 renovações/hora. Na maior abertura (20 cm) obteve 8 renovações/hora.	O material com coeficiente de absorção 0,6 na moldura interna da janela proporcionou um acréscimo de 2 dB no isolamento sonoro do sistema em relação ao material com coeficiente de absorção 0,3.
	Yu *et al.,* 2017	Medições laboratoriais	Para aberturas iguais a 1/3 da altura da janela, o SRI = 10 dB Com a inserção dos painéis de absorção SRI = 20 dB.	-	Percebeu-se que quanto maior é a proporção entre a abertura e a altura das janelas, melhor é a redução sonora.

	Field e Cuthbert, 2019	Medições laboratoriais	Abertura de 20 cm: R' de 15 a 30 dB Aberturas de 10 cm: R' de15 a 33 dB. Abertura de 5 cm: R' de 19 a 41 dB. Considerando aplicação de material absorvente em toda a moldura interna do sistema.	Quanto maior a abertura, maior a velocidade dos ventos na câmara receptora.	A inserção de material absorvente se mostrou muito eficiente para o isolamento, principalmente nas altas frequências.
Aberturas para ventilação natural e controle de ruído	Viegas, 2009 – Verga e contra-verga ventiladas	Simulações computacionais, medições laboratoriais em modelo reduzido e medições *in situ*	O índice de redução sonora das fachadas 5 e 6 ficou entre 12 e 13,5 dB para as bandas de oitava	As fachadas 5 e 6 apresentaram de 8 a 23 renovações de ar por hora, dependendo do período do ano.	A inclusão de placa cimentícia inclinada se mostrou muito eficiente no isolamento sonoro das fachadas.
	Oiticica, 2010 – peitoril ventilado	Medições *in situ*	Os peitoris em chapa metálica e PVC tratados com material absorvente proporcionaram isolamento sonoro de 26 dB.	-	A utilização de peitoril ventilado atenua ruídos com uma eficiência quase igual de uma janela fechada de vidro simples.
	Araújo, 2010 – cobogó acústico	Medições *in situ,* com simulação em CFD	Dois blocos apresentaram R_w de 21 dB, correspondendo a 73% de isolamento.	As velocidades do ar dos elementos estudados foram compatíveis com cobogós comuns.	A lã de vidro dentro dos cobogós não representou grande diferença acústica, apesar de ter melhorado o isolamento em algumas frequências.
	Bajraktari *et al.*, 2015 – Fachadas duplas	Medições laboratoriais	Na primeira pesquisa o R_w ficou entre 27 e 35 dB. Na segunda pesquisa, o R_w ficou entre 22 e 47 dB dependendo da configuração de abertura dos *grids.*	-	O material absorvente posicionado na cavidade entre as fachadas melhorou a eficiência do sistema.
	Yu, 2019 – meta superfícies	Medições laboratoriais	R_w de 22 dB, para a o *grid* de 3x3, com perda de transmissão acima	-	

			de 20 dB para as frequências maiores que 800 Hz.		
	Du *et al.*, 2019 – aberturas inferior e superior	Medições laboratoriais	Para material absorvente colocado na moldura interna: perda de transmissão de 22 dB. Para material colocado na moldura e toda a extensão de uma das placas: perda de 32 dB. Para material colocado na moldura, porém em blocos triangulares: perda de transmissão de 26 dB.	-	A simples colocação do material de absorção em blocos triangulares na moldura interna da cavidade aumentou em 4 dB o isolamento do sistema.
	Lorenzen, 2019 – elemento na lateral da janela	Simulações computacionais e medições *in situ*	Redução sonora (R') de 15 dB e de 14 dB para o ruído de tráfego.		Expõe-se a possibilidade de utilização de simulações computacionais para estudos nesse sentido.
Sacadas	Mohsen e Oldham, 1977	Medições laboratoriais em modelo reduzido	Perda de inserção = até 10 dB Atenuação de 5,5 dB no nível sonoro L_{10}	-	Também foi percebido que a fórmula utilizada para a perda de transmissão sonora em sacadas não representa muito bem a correta atenuação.
	Lo *et al.*, 2014	Medições *in situ*	Perda de inserção de 6,4 dB em comparação à sacada convencional.	-	-
Brises	Viveiros e Gibbs, 2003	Medições laboratoriais	Venezianas com inclinação de 45° nas frequências entre 1000 e 5000 Hz: perda de transmissão = de 14 a 22 dB.		O dispositivo não apresentou bom desempenho para as baixas frequências.
	Vettorazzi *et al.*, 2014	Medições laboratoriais em protótipo de escala real	Lâminas horizontais: redução sonora = 10,3 dB; Lâminas inclinadas 25 graus: redução sonora = 9,4 dB e 9,8 dB;	-	O dispositivo apresentou bom desempenho para a proteção contra a radiação solar direta.

			Lâminas inclinadas 40 graus: redução sonora = 16,1 dB.		
Painéis Acústicos	Kang e Brocklesby, 2005	Medições laboratoriais	A média de perda de transmissão foi de 27,4 dB a 33,5 dB para as frequências de 500 e 8000 Hz	Os painéis não interferiram na ventilação natural	A iluminação começa a ficar prejudicada ao se utilizar mais de duas camadas do painel. Foi possível notar também que quanto maior é a espessura do vão entre os vidros, maior também é a perda de transmissão sonora. E o mesmo ocorre se afastar o painel das folhas de vidro.
	Higgins *et al.,* 2016	Medições laboratoriais e *in situ*	Para configuração em "Z": redução sonora = 8,6 dB.	Comprimentos mais longos = bom fluxo de ar. Uma curvatura após um caminho curto causa resistência ao fluxo.	Concluiu-se também que a fibra de vidro forrada de algodão superou a espuma acústica de alta densidade para os dispositivos ensaiados.

CAPÍTULO 5

Materiais e Métodos

CAPÍTULO 5: MATERIAIS E MÉTODOS

O processo metodológico desta pesquisa consiste em seis etapas. Primeiramente, foi feita a seleção de tipologias a partir da revisão bibliográfica apresentada no Capítulo 4. Após, todos esses elementos foram modelados no *software* de modelagem 3D *Rhinoceros*, tendo em vista os inúmeros critérios de modelagem voltados para a simulação dos fluxos de vento.

Essas geometrias foram, então, inseridas no *ANSYS CFX*, seguindo o fluxo de trabalho existente na plataforma *Workbench*. Os dados qualitativos e quantitativos de vento, bem como os dados de acústica, obtidos a partir da revisão, foram organizados e tabulados para a análise dos resultados, de forma individual e comparativa. Em seguida, essas informações foram organizadas em fichas-síntese para cada tipologia avaliada. E a partir dessas fichas, foram sugeridas as diretrizes projetuais. Esse fluxo com todas as etapas se encontra na Figura 79.

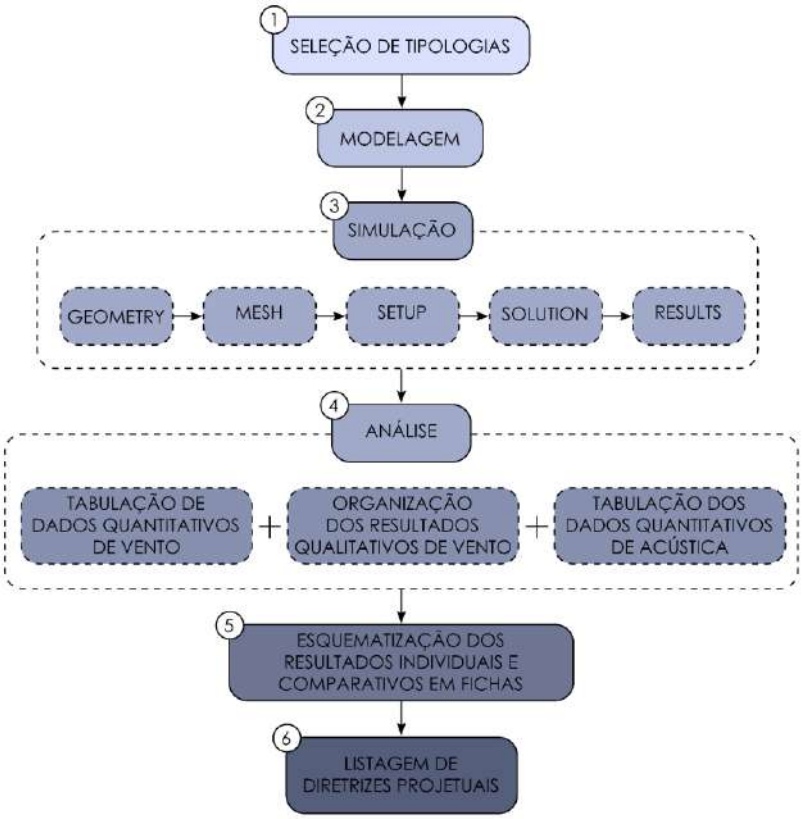


Figura 79 - Fluxo metodológico utilizado na pesquisa.

5.1) SELEÇÃO DE TIPOLOGIAS

Para fins comparativos, foi definida uma tipologia base, estudada do ponto de vista de ventilação natural e acústica, representada por uma janela de correr, com vidros simples e dimensões comuns. A seleção das outras tipologias, representadas na Figura 80, teve como base a pesquisa bibliográfica de trabalhos que estudaram o isolamento sonoro de elementos ventilados. Aqui, optou-se por trazer elementos distintos entre si, selecionando nove tipologias, que totalizaram 50 componentes.

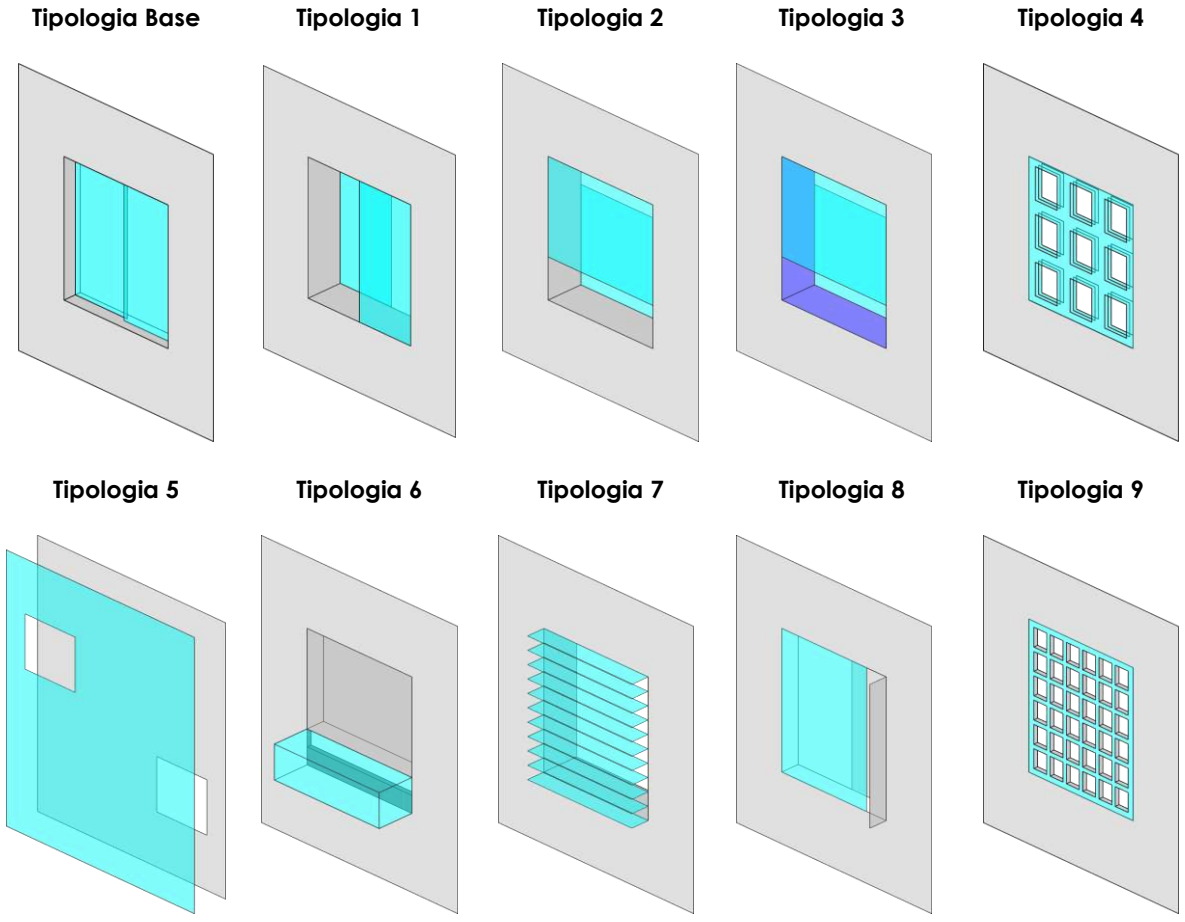


Figura 80 - Desenhos representativos das tipologias selecionadas para esta pesquisa.

As tipologias são as seguintes:

- Tipologia 1: janelas *plenum* com aberturas laterais;
- Tipologia 2: janelas *plenum* com aberturas inferiores e superiores, sem inserção de material de absorção sonora na moldura interna;

- Tipologia 3, idem à tipologia 2, porém com a inserção de material absorvente, em diferentes configurações;
- Tipologia 4: aberturas com metassuperfícies;
- Tipologia 5: fachadas duplas;
- Tipologia 6: peitoris ventilados;
- Tipologia 7: *brises*;
- Tipologia 8: abertura na parte lateral da janela;
- Tipologia 9: cobogós acústicos.

Os trabalhos foram escolhidos por apresentarem com clareza todas as dimensões de cada elemento apresentado e seus respectivos resultados de isolamento sonoro obtidos nos ensaios. Cada tipologia apresenta variações em sua geometria, com exceção da tipologia 8. Essas variações foram chamadas de componentes, aqui representados por uma letra. Dessa forma, a tipologia é um número e seus componentes são letras, por exemplo, 1a, 1b, 1c etc. Cada tipologia e seus componentes serão apresentados nos subitens que seguem.

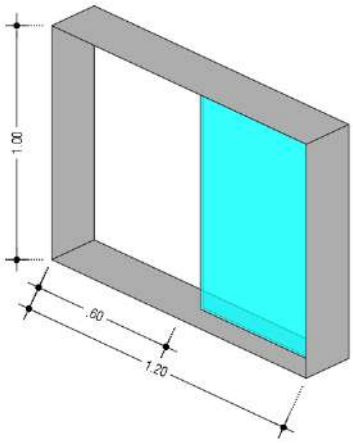
5.1.1) Tipologia Base

A tipologia base consiste em uma janela de correr aberta, com 2 folhas de vidro simples e dimensões de 1,20 m de comprimento e 1,00 m de altura, posicionada a 1,10 m do piso, proporcionando uma abertura de 50% para a ventilação natural (0,60 m). Foi escolhida essa tipologia para servir de base às análises, visto ser uma janela comum, bastante comercializada e utilizada em edificações residenciais. O objetivo é comparar o desempenho dos outros dispositivos ao desempenho de condições comuns.

Para verificar o isolamento sonoro proporcionado pela janela, foram realizados cálculos utilizando as perdas na transmissão para sons aéreos dos componentes construtivos da fachada, sendo eles: janela de vidro simples em esquadria robusta e tijolos revestidos de argamassa. Para esta pesquisa, considerou-se apenas a janela aberta, visto que o intuito é prover ventilação natural para os ambientes internos. Também foi feito o cálculo apenas para

verificar o isolamento da janela aberta, sem considerar a estrutura onde ela se insere.

Tipologia Base



Comprimento = 1,20 m

Aberturas = 0,60 m

Espessura = 0,20 m

Altura = 1,00 m

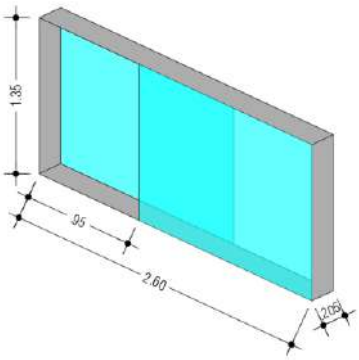
Figura 81 - Desenho em perspectiva e dimensões da tipologia base.

5.1.2) Tipologia 1 – janelas *plenum* com aberturas laterais

A tipologia 1 refere-se às janelas *plenum* estudadas por Li *et al.* (2019), que consiste em um elemento de altura fixa a 1,35 m, com duas folhas de vidro separadas por uma câmara de espessura variável, posicionado a 0,90 m do piso. O comprimento e o tamanho das aberturas variam de componente para componente, sendo que em um mesmo componente as duas aberturas são sempre iguais e se localizam em laterais opostas, fazendo com que o fluxo de vento passe obrigatoriamente pela câmara que fica entre elas. No total foram estudados pelos autores 28 elementos, sendo 14 sem a inserção de material absorvente na moldura interna e 14, iguais aos primeiros, porém inserindo o material.

Em um trabalho precedente, Coutinho *et al.* (2020b) simularam em domínio retangular, através do *ANSYS CFX* as 28 janelas e concluíram que a inserção de rugosidade na moldura interna não alterava de forma significativa os fluxos de vento. Portanto, aqui será desconsiderado o material de absorção sonora no interior dos componentes e serão simulados apenas 14, tendo em vista a geometria e suas dimensões. Os 14 componentes, com suas respectivas dimensões, encontram-se representados na Figura 82.

Componente 1a



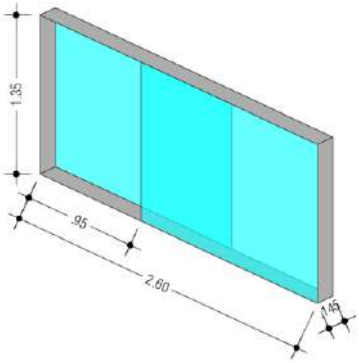
Comprimento = 2,60 m

Aberturas = 0,95 m

Espessura = 0,205 m

Altura = 1,35 m

Componente 1b



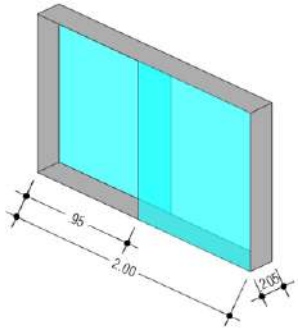
Comprimento = 2,60 m

Aberturas = 0,95 m

Espessura = 0,145 m

Altura = 1,35 m

Componente 1c



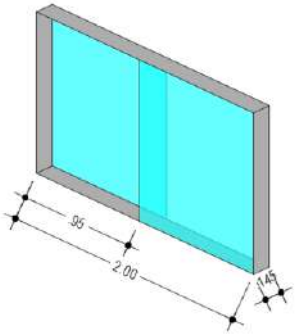
Comprimento = 2,00 m

Aberturas = 0,95 m

Espessura = 0,205 m

Altura = 1,35 m

Componente 1d



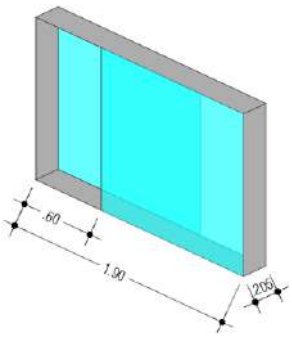
Comprimento = 2,00 m

Aberturas = 0,95 m

Espessura = 0,145 m

Altura = 1,35 m

Componente 1e



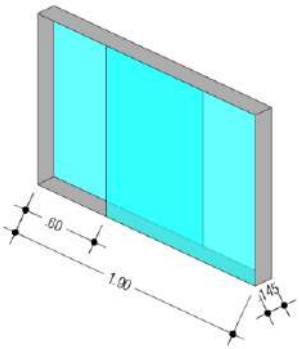
Comprimento = 1,90 m

Aberturas = 0,60 m

Espessura = 0,205 m

Altura = 1,35 m

Componente 1f



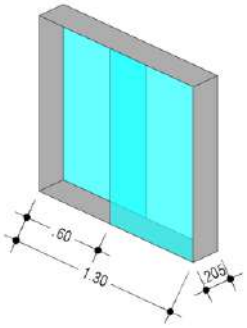
Comprimento = 1,90 m

Aberturas = 0,60 m

Espessura = 0,145 m

Altura = 1,35 m

Componente 1g



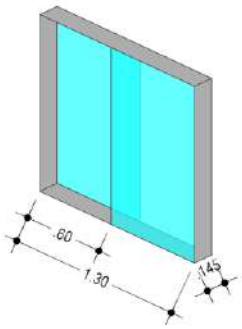
Comprimento = 1,30 m

Aberturas = 0,60 m

Espessura = 0,205 m

Altura = 1,35 m

Componente 1h



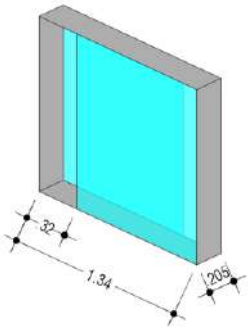
Comprimento = 1,30 m

Aberturas = 0,60 m

Espessura = 0,145 m

Altura = 1,35 m

Componente 1i



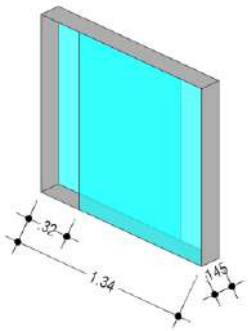
Comprimento = 1,34 m

Aberturas = 0,32 m

Espessura = 0,205 m

Altura = 1,35 m

Componente 1j



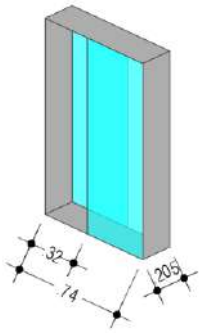
Comprimento = 1,34 m

Aberturas = 0,32 m

Espessura = 0,145 m

Altura = 1,35 m

Componente 1k



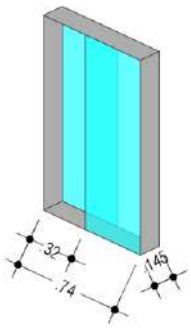
Comprimento = 0,74 m

Aberturas = 0,32 m

Espessura = 0,205 m

Altura = 1,35 m

Componente 1l



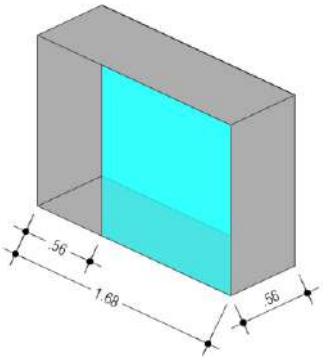
Comprimento = 0,74 m

Aberturas = 0,32 m

Espessura = 0,145 m

Altura = 1,35 m

Componente 1m



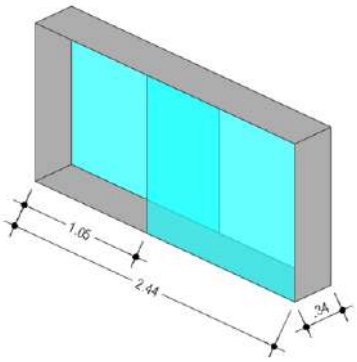
Comprimento = 1,68 m

Aberturas = 0,56 m

Espessura = 0,56 m

Altura = 1,35 m

Componente 1n



Comprimento = 2,44 m

Aberturas = 1,05 m

Espessura = 0,34 m

Altura = 1,35 m

Figura 82 - Componentes da tipologia 1 com suas dimensões (m).

5.1.3) Tipologia 2 – janelas *plenum* com abertura inferior e superior

Essa tipologia compreende as janelas duplas com aberturas inferior externa e superior interna estudadas por Field e Cuthbert (2019). No total, foram estudados três componentes (2a, 2b e 2c) com altura, espessura e comprimento fixos, sendo h = 1,20 m, e = 0,10 m e c = 0,679 m, posicionados a 0,90 m do piso. O que difere esses três elementos é o tamanho da abertura, podendo essa ser de 0,05, 0,10 ou 0,20 m, conforme Figura 83.

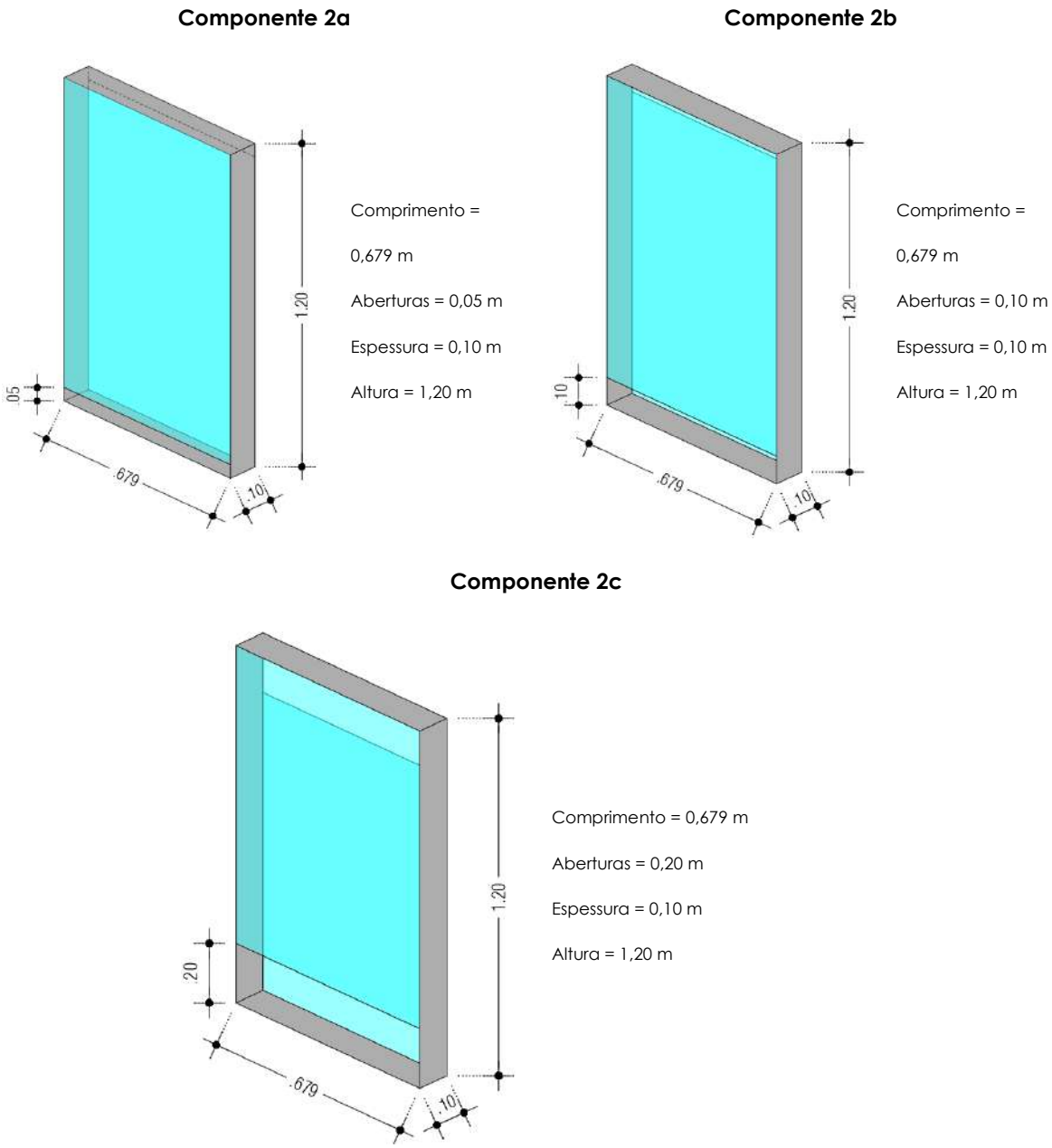


Figura 83 - Componentes da tipologia 2 com suas dimensões (m) representadas.

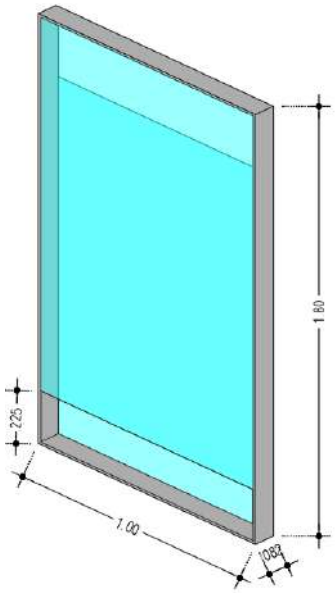
5.1.4) Tipologia 3 – aberturas inferior e superior com diferentes configurações de material absorvente

A tipologia 3 possui a geometria igual à tipologia 2, porém com dimensões distintas. Aqui, os componentes foram posicionados a 0,60 m do piso. Seu comprimento possui 1,00 m, a espessura e altura possuem, respectivamente, 0,082 e 1,80 m e as aberturas também são fixas, com 0,225 m cada. A diferença desse trabalho para aquele publicado por Du, Lau e Lee

(2019) é que algumas configurações de material absorvente foram inseridas na moldura interna da janela – de forma linear ou em blocos triangulares – e, em um dos componentes, foi inserido o mesmo material no interior das folhas da janela, em toda a sua extensão. Além disso, os autores não trabalharam uma janela, com visibilidade para o exterior, mas sim, aberturas dispostas em placas de silicato de cálcio, que são opacas.

No total, cinco componentes foram estudados no *ANSYS* (de 3a a 3e), sendo o 3a sem a inserção de rugosidade e com a moldura lisa, o 3b também não apresentou inserção de rugosidade, mas foram modelados os blocos de triângulo. Já nos componentes 3c, 3d e 3e foram inseridos valores de rugosidade no *software* de simulação de fluxos de vento na moldura, na moldura e nas folhas e na moldura e nos blocos de triangulo, respectivamente, conforme detalhes em roxo na Figura 84.

Componente 3a



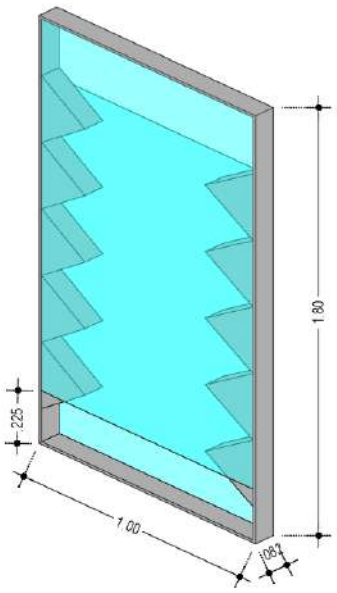
Comprimento = 1,00 m

Aberturas = 0,225 m

Espessura = 0,082 m

Altura = 1,80 m

Componente 3b



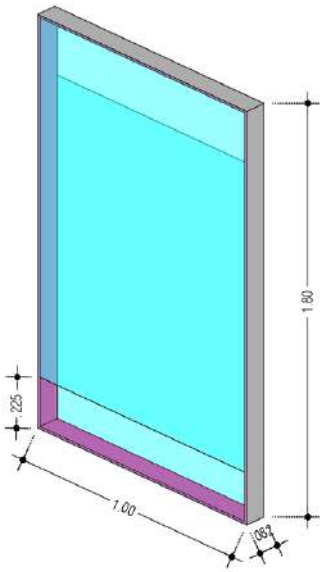
Comprimento = 1,00 m

Aberturas = 0,225 m

Espessura = 0,082 m

Altura = 1,80 m

Componente 3c



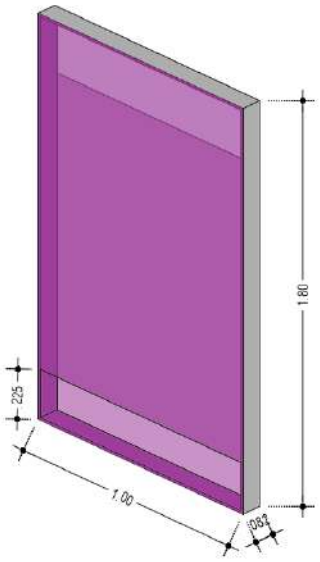
Comprimento = 1,00 m

Aberturas = 0,225 m

Espessura = 0,082 m

Altura = 1,80 m

Componente 3d



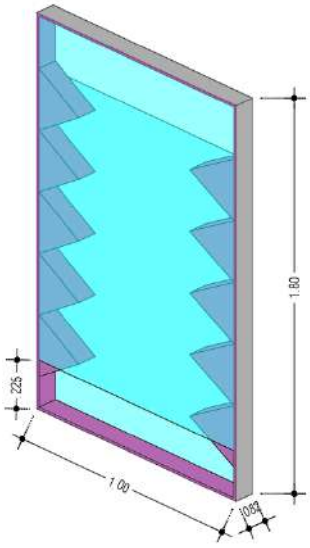
Comprimento = 1,00 m

Aberturas = 0,225 m

Espessura = 0,082 m

Altura = 1,80 m

Componente 3e



Comprimento = 1,00 m

Aberturas = 0,225 m

Espessura = 0,082 m

Altura = 1,80 m

Figura 84 - Componentes da tipologia 3 com suas dimensões (m) representadas.

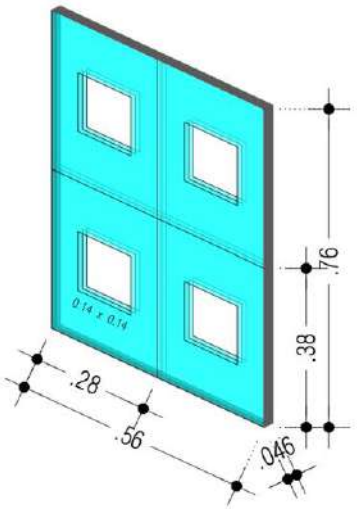
5.1.5) Tipologia 4 – aberturas com metassuperfícies

A tipologia 4 foi retirada do trabalho de Yu (2019) e consiste em aberturas compostas por três placas iguais com uma distância de 0,023 m entre si, formando o que o autor chama de metassuperfícies. Ao todo foram

selecionados 8 componentes. A altura e a largura das placas são fixas, com 0,76 m e 0,56 m, respectivamente, conforme Figura 85. Todos foram posicionados a 1,10 m do piso. O que altera é a quantidade e o tamanho de aberturas.

Os componentes 4a e 4b apresentam quatro aberturas dispostas em um *grid* de 2x2, sendo as do componente a de 0,14 x 0,14 m e as do componente b de 0,20 x 0,20 m. Os componentes 4c, 4d, 4e e 4f apresentam 6 aberturas colocadas em um *grid* de 3x2 ou 2x3, sendo elas de 0,13 x 0,13 m, 0,19 x 0,19 m, 0,09 x 0,09 m e 0,15 x 0,15 m, respectivamente. Os dois últimos componentes, 4g e 4h, possuem aberturas de 0,09 x 0,09 m e 0,15 x 0,15 m em um *grid* de 3x3.

Componente 4a



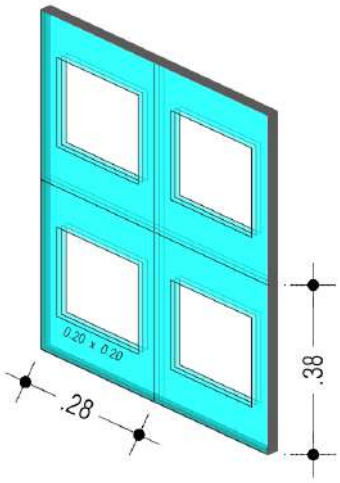
Comprimento = 0,56 m

Aberturas = 0,14 x 0,14 m

Espessura = 0,046 m

Altura = 0,76 m

Componente 4b



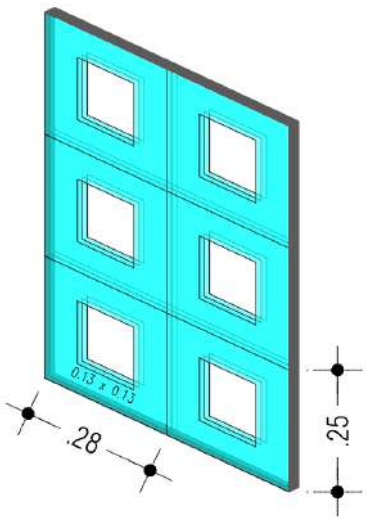
Comprimento = 0,56 m

Aberturas = 0,20 x 0,20 m

Espessura = 0,046 m

Altura = 0,76 m

Componente 4c



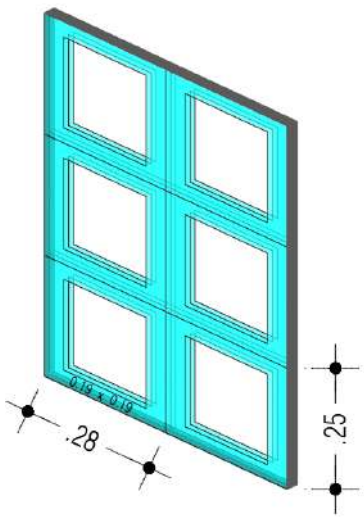
Comprimento = 0,56 m

Aberturas = 0,13 x 0,13 m

Espessura = 0,046 m

Altura = 0,76 m

Componente 4d



Comprimento = 0,56 m

Aberturas = 0,19 x 0,19 m

Espessura = 0,046 m

Altura = 0,76 m

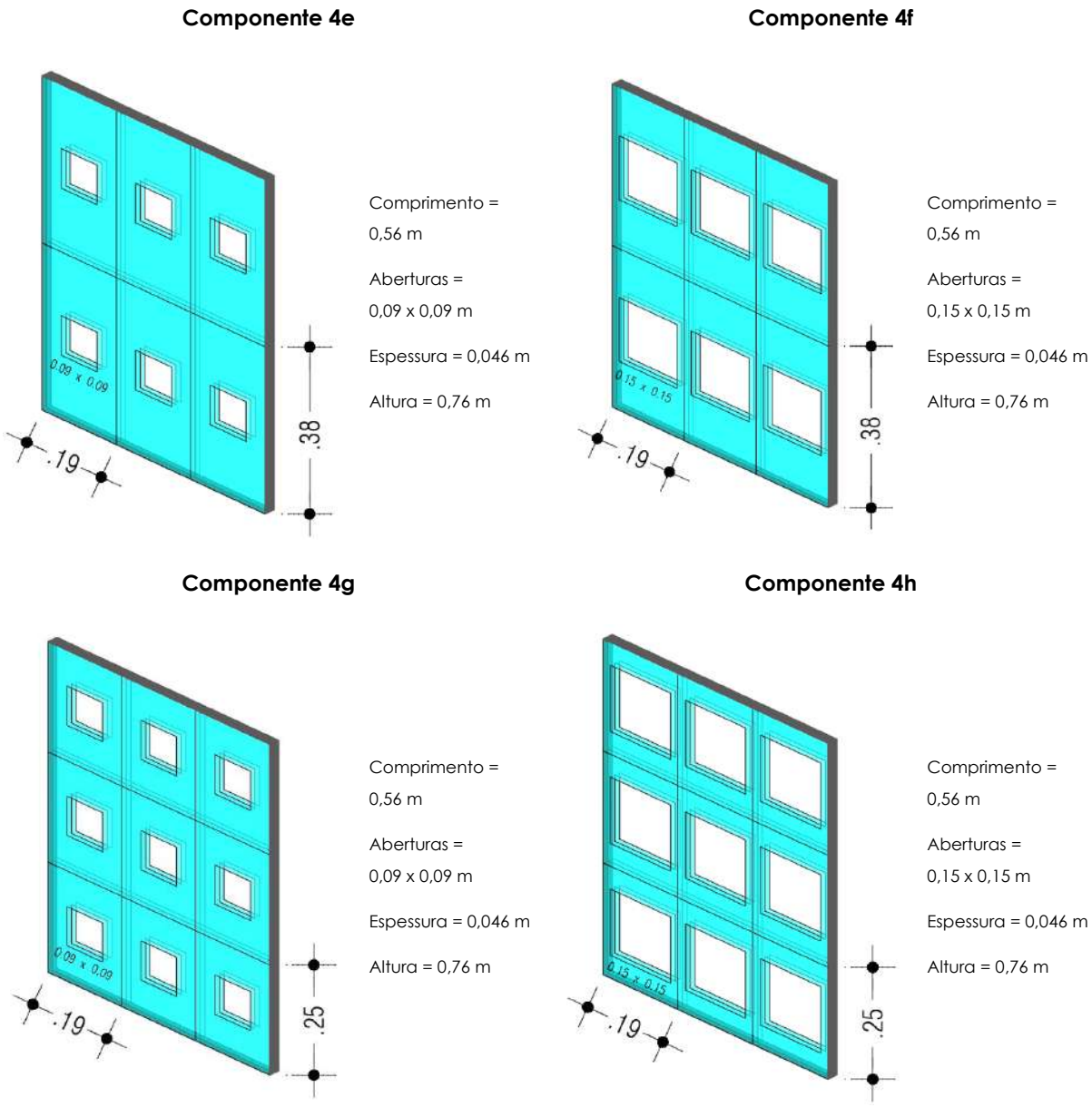


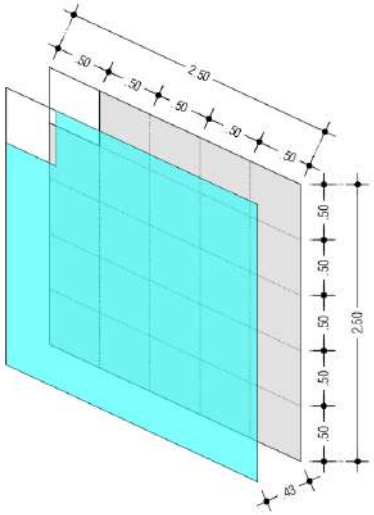
Figura 85 - Componentes da tipologia 4 com suas dimensões (m) representadas.

5.1.6) Tipologia 5 – fachadas duplas

Conforme mencionado no Capítulo 4, Bajraktari *et al.* (2015a; 2015b) publicaram dois trabalhos onde estudaram o controle de ruído em fachadas duplas com aberturas. Os autores trabalharam com duas placas de 2,50 x 2,50 m, aqui centralizadas na fachada do modelo genérico, separadas por 0,43 m e divididas em um *grid* de 5x5, com módulos de 0,50 x 0,50 m. Assim, eles fizeram diferentes configurações removendo partes do *grid* das duas placas.

Nos resultados publicados, a placa externa (em azul na Figura 86) sempre está sem o módulo no canto superior esquerdo, variando o módulo da placa interna que começa igual a placa externa, com as aberturas de frente uma para outra (componente 5a) e vai sendo retirado diagonalmente (componentes 5b, 5c e 5d) até a placa do canto inferior direito, fazendo com que na última medição, as aberturas estejam em pontas opostas, o mais distante possível (componente 5e). Também foi avaliada a inserção de material de absorção sonora no interior dessas placas, levando em consideração as aberturas opostas, o material abrangia 10 módulos (componente 5f) ou 20 módulos (componente 5g).

Componente 5a



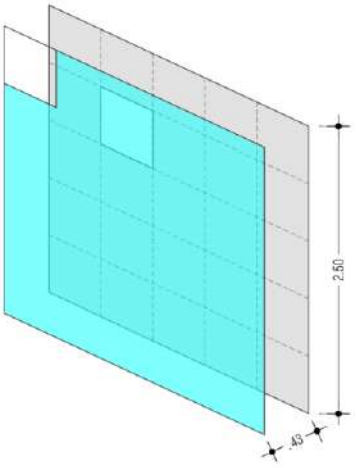
Comprimento = 2,50 m

Aberturas = 0,50 x 0,50 m

Espessura = 0,43 m

Altura = 2,50 m

Componente 5b



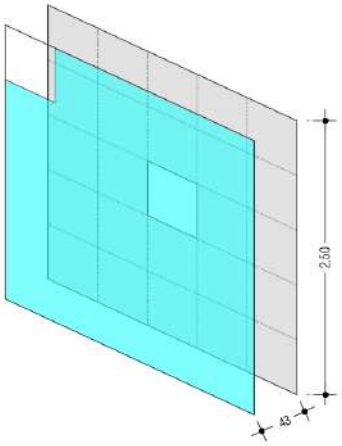
Comprimento = 2,50 m

Aberturas = 0,50 x 0,50 m

Espessura = 0,43 m

Altura = 2,50 m

Componente 5c



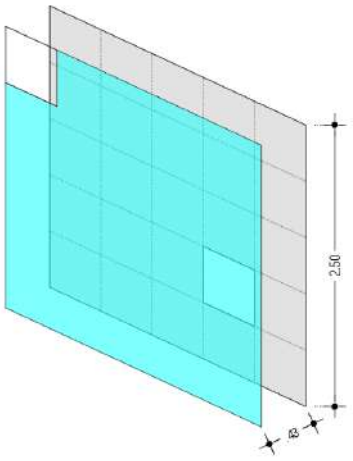
Comprimento = 2,50 m

Aberturas = 0,50 x 0,50 m

Espessura = 0,43 m

Altura = 2,50 m

Componente 5d



Comprimento = 2,50 m

Aberturas = 0,50 x 0,50 m

Espessura = 0,43 m

Altura = 2,50 m

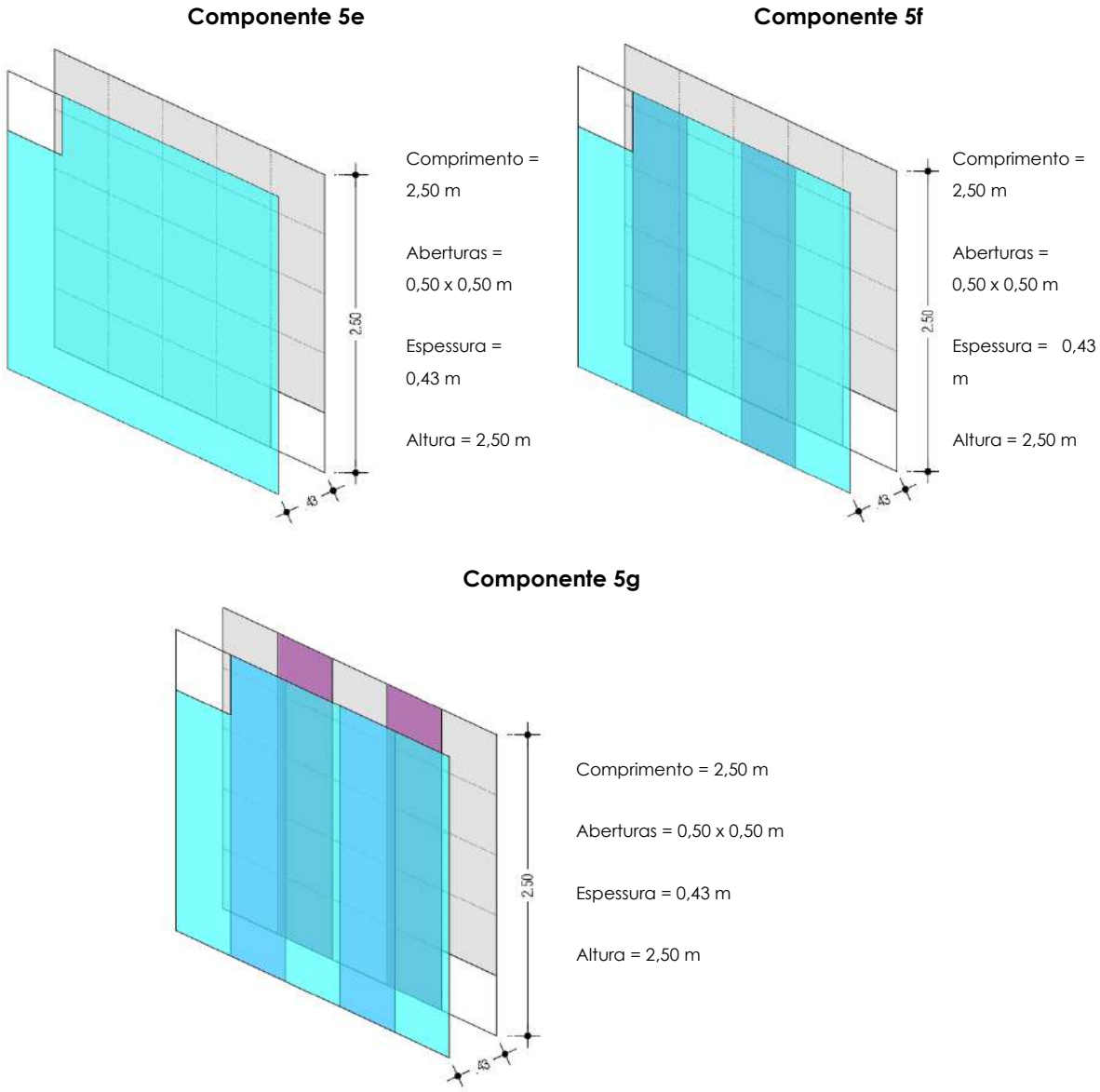


Figura 86 - Componentes da tipologia 5 com suas dimensões (m) representadas.

5.1.7) Tipologia 6 – peitoril ventilado

Oiticica (2010) realizou medições acústicas *in situ* com diversas dimensões e materiais de peitoris ventilados, considerando a mesma abertura para ventilação, de 1,20 x 0,20 m, posicionada a 1,12 m do piso. Para esta pesquisa, são estudadas quatro configurações do elemento. Um peitoril de altura menor (0,40 m), com 0,20 m de espessura para fora da fachada e a mesma distância para dentro (componente 6a). Com essa mesma espessura, o componente 6b apresenta uma altura maior, de 0,70 m. Os outros dois

componentes, 6c e 6d, possuem as mesmas dimensões, altura de 0,70 m, espessura externa de 0,20 m e interna de 0,80 m, a diferença entre eles é o posicionamento do material de absorção sonora, de acordo com a Figura 87.

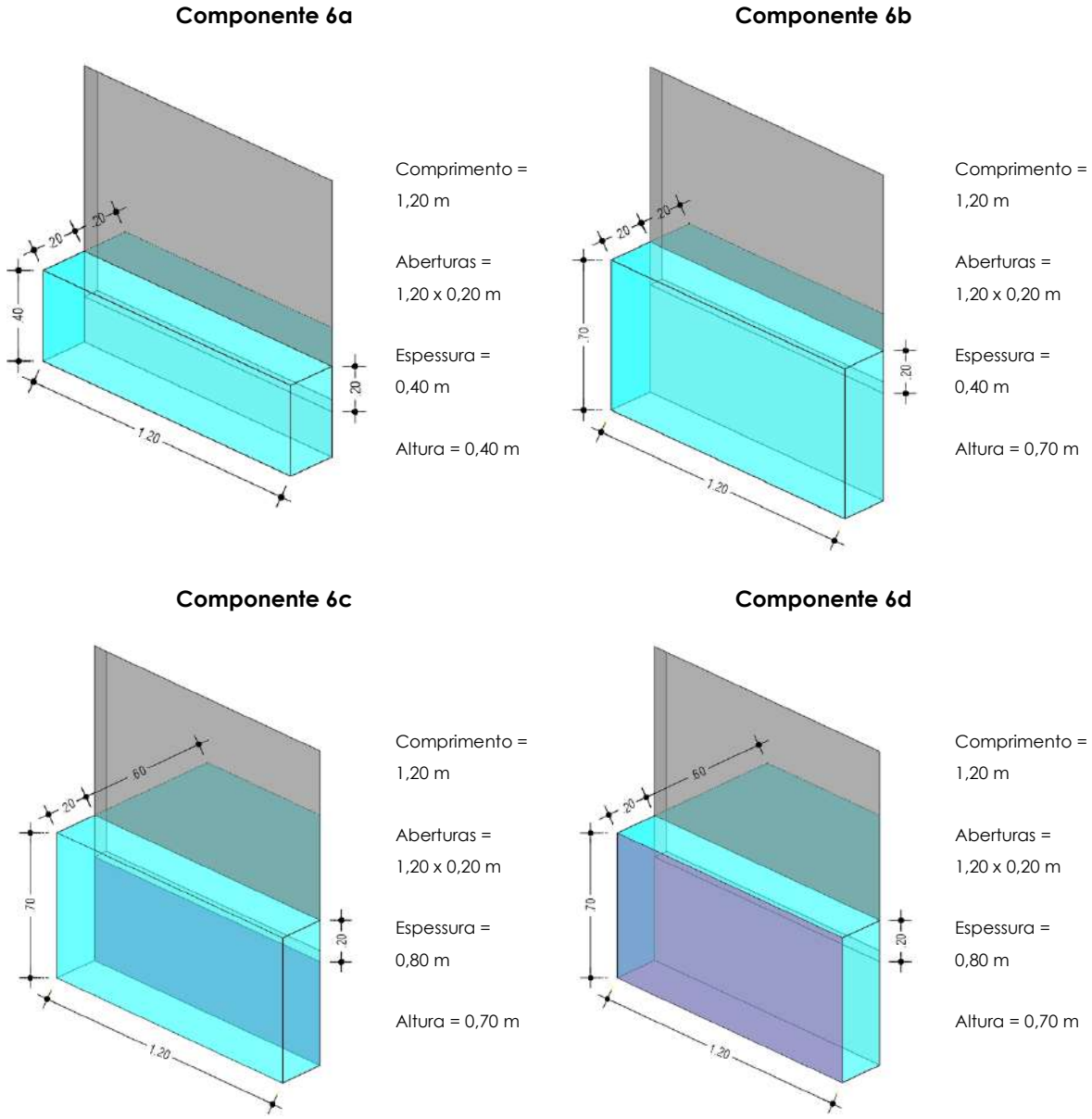


Figura 87 - Componentes da tipologia 6 com suas dimensões (m) representadas.

5.1.8) Tipologia 7 – *brise*

A tipologia 7 foi desenvolvida a partir do estudo com *brises* acústicos de Vettorazzi *et al.* (2014). O modelo possui dimensão de 0,95 m de altura por 0,90 m de comprimento e uma espessura de 0,10 m e foi posicionado a 1,00 m do piso. As lâminas são horizontais e em formato de C, conforme Figura 88. No

componente 7a, essas lâminas não apresentam angulação. No componente 7b e 7d, esse ângulo é de 25° e 40°, respectivamente, para o interior. E o 7c possui lâminas com ângulos de 25° para o exterior.

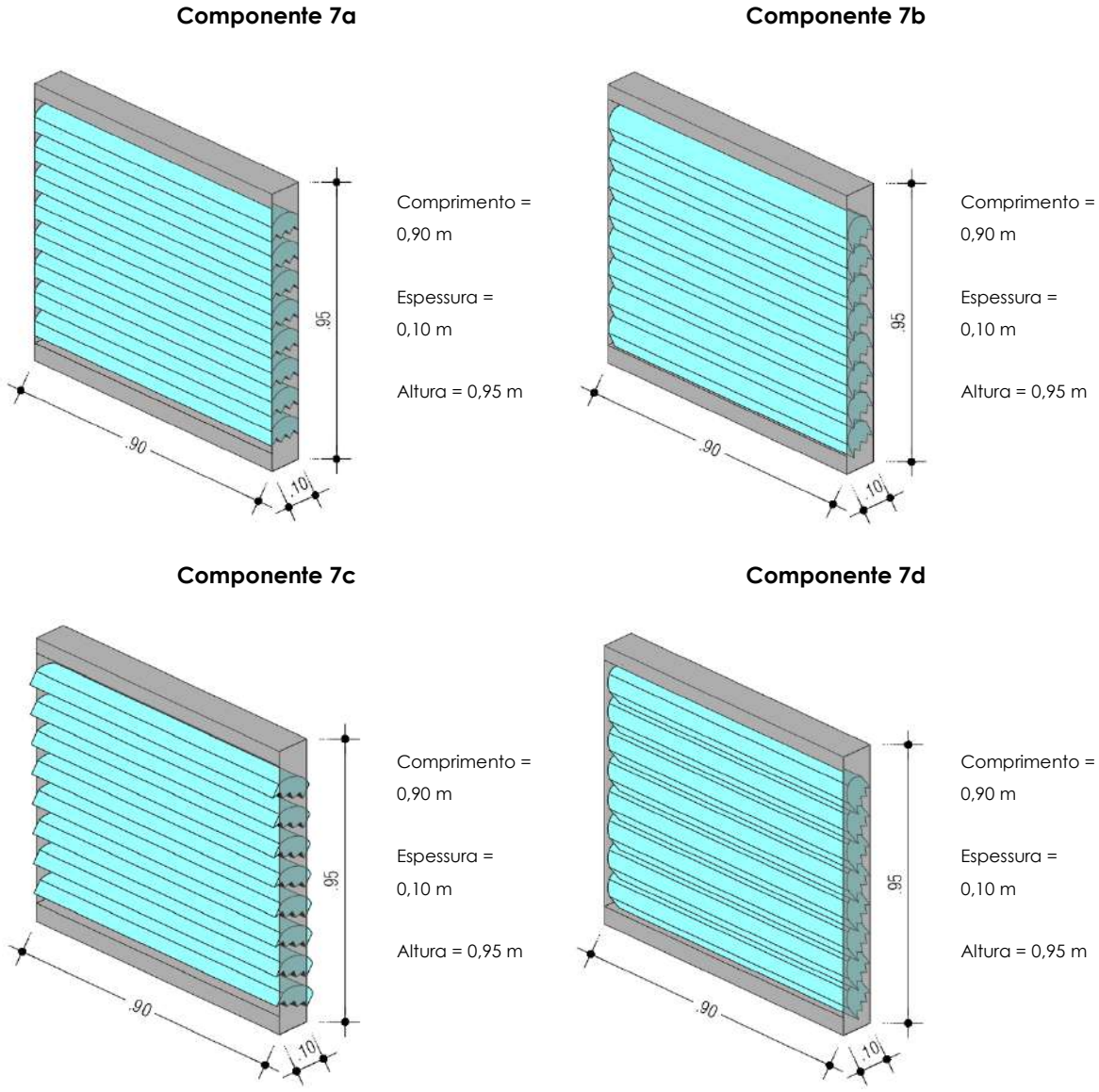
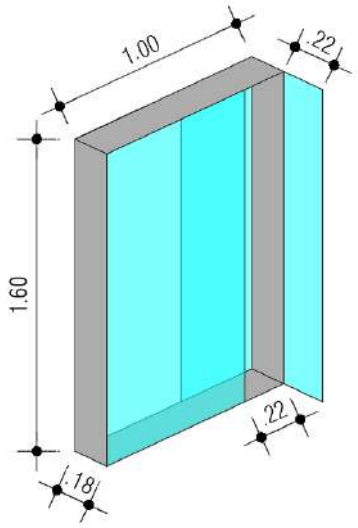


Figura 88 - Componentes da tipologia 7 com suas dimensões (m) representadas.

5.1.9) Tipologia 8 – abertura lateral à janela

Lorenzen (2019) estudou uma abertura na parte lateral de uma janela comum. Apenas uma dimensão desse dispositivo foi estudada, com 1,60 m de altura, 1,00 de comprimento e 0,18 m de espessura. A abertura possui dimensão de 0,22 m, conforme a Figura 89. Toda a estrutura foi colocada a 0,55 m do piso.

Componente 8a



Comprimento = 1,00 m

Aberturas = 1,60 x 0,22 m

Espessura = 0,18 m

Altura = 1,60 m

Figura 89 - Componente 8a.

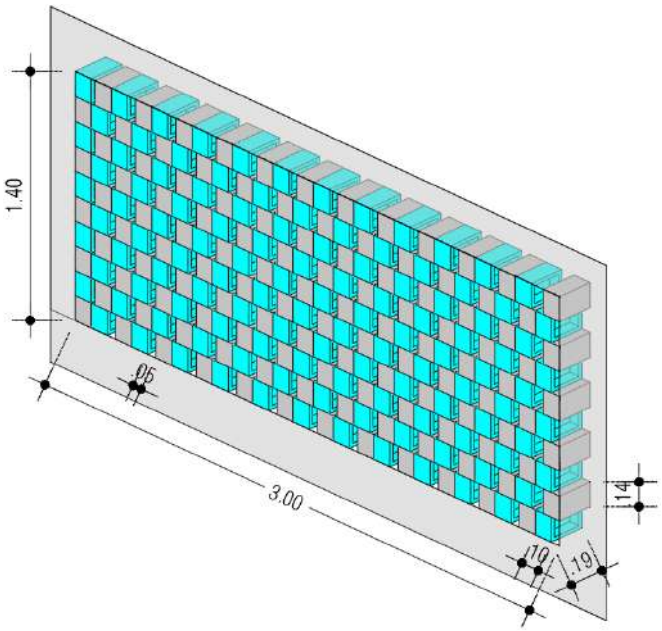
5.1.10) Tipologia 9 – cobogós

A tipologia 9 refere-se aos cobogós acústico estudados por Araújo (2010), através de medições *in situ*. A autora havia apresentado resultados referentes aos fluxos de ventilação natural através de *software CFD*. Entretanto, com a finalidade de comparar com os outros componentes aqui estudados, decidiu-se refazer essas simulações nas mesmas condições utilizadas nesta pesquisa. Dessa forma, foram selecionados os quatro componentes expostos por Araújo (2010). A área de teste possuía dimensões de 3,00 m de comprimento por 1,40 m de altura. Na modelagem, essa área foi posicionada a 0,70 m do chão.

O componente 9a é composto por blocos retangulares, de 0,14 m de altura, 0,19 m de espessura e 0,10 m de comprimento, com uma cavidade no meio (0,11 x 0,15 x 0,08 m). Esses blocos são dispostos com um espaçamento de 0,05 m entre eles, de forma que as cavidades fiquem uma de frente para outra. Observando a Figura 90, é possível entender que os blocos azuis e cinzas são iguais, porém a cavidade dos blocos cinzas está para um lado, enquanto a dos azuis está para outro. O componente 9b segue a mesma geometria do

anterior, porém com dimensões maiores, aqui a altura e a espessura do bloco são 0,25 m, e seu comprimento, 0,29 m e a cavidade possui 0,19 x 0,19 x 0,26 m.

Componente 9a



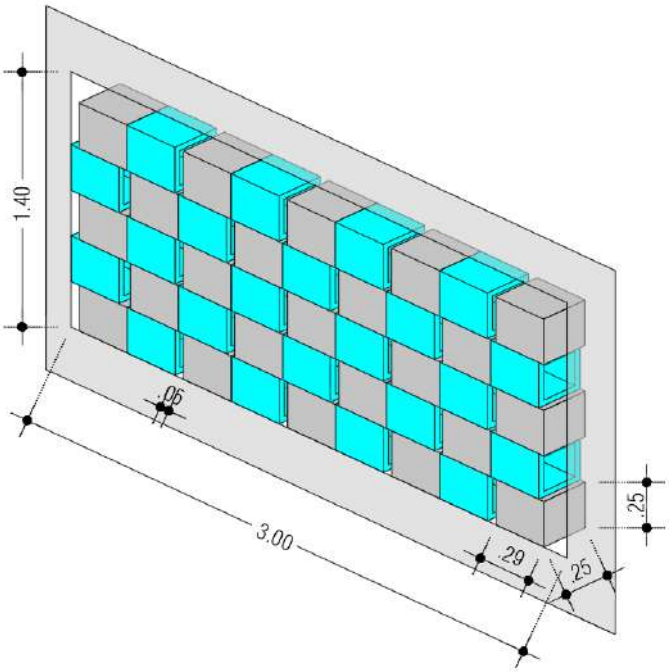
Comprimento = 3,00 m

Aberturas = 0,14 x 0,05 m

Espessura = 0,19 m

Altura = 1,40 m

Componente 9b



Comprimento = 3,00 m

Aberturas = 0,25 x 0,05 m

Espessura = 0,25 m

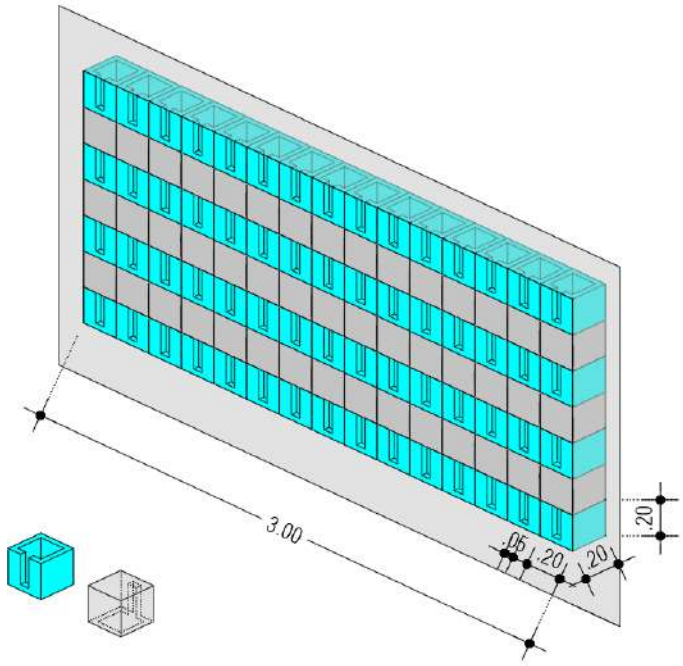
Altura = 1,40 m

Figura 90 - Componentes 9a e 9b, com suas respectivas dimensões.

Já nos componentes 9c e 9d, a abertura se localiza no próprio bloco e faz conexão com a cavidade. Os blocos são montados de forma oposta, o bloco de baixo com a abertura localizada para o ambiente externo e o bloco de cima com a abertura para o interior. Dessa forma, o vento entra por uma abertura, passa pela cavidade de dois blocos, subindo até chegar na outra abertura, entrando, assim, no ambiente.

As diferenças entre os dois componentes são os seus dimensionamentos. O componente 9c é formado por blocos de 0,20 x 0,20 x 0,20 m e abertura com 0,05 m de largura e 0,17 m de altura, conforme a Figura 91. Já no componente 9d, os blocos possuem altura de 0,30 m, comprimento de 0,31 m e espessura de 0,20 m. A abertura, assim como no componente anterior, também apresenta uma largura de 0,05 m, entretanto, é um pouco mais alta, com 0,27 m. Os blocos que formam o componente 9d, bem como a sua montagem na fachada, podem ser observados na imagem. Atenta-se para o fato de que os vãos em que não couberam blocos foram fechados, a fim de que fosse avaliada a atenuação de ruído provocada pelos elementos vazados. Nas simulações de ventilação, esses vãos também serão fechados.

Componente 9c



Comprimento = 3,00 m

Aberturas = 0,16 x 0,05 m

Espessura = 0,20 m

Altura = 1,40 m

Componente 9d

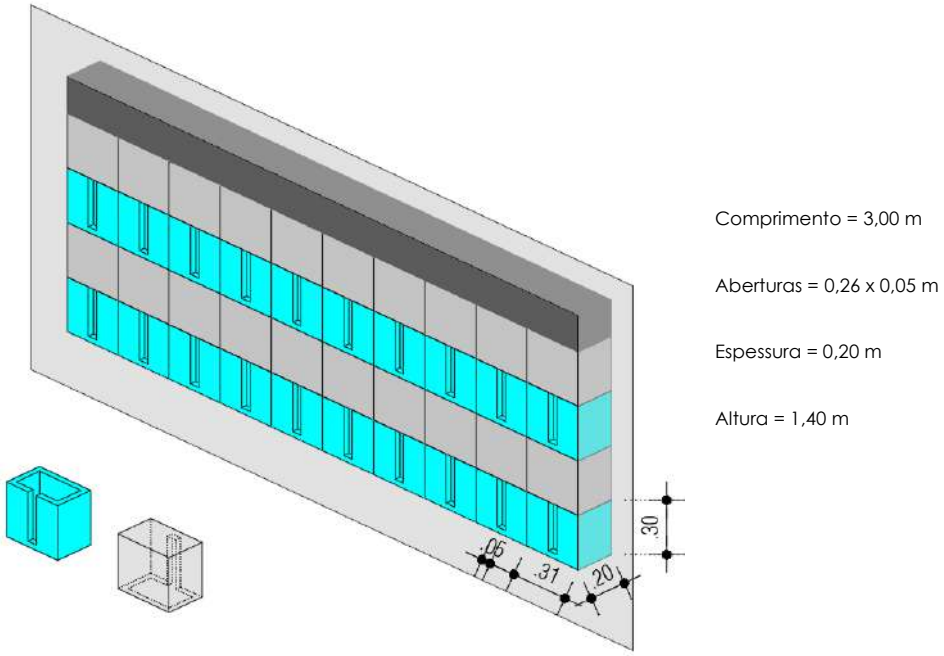


Figura 91 - Componentes 9c e 9d, com suas respectivas dimensões.

5.2) MODELAGEM DAS TIPOLOGIAS SELECIONADAS

Esta etapa compreende a modelagem de todos os dispositivos para a simulação, incluindo os seus domínios, por onde o fluxo de vento irá passar. Apesar do *ANSYS CFX* possuir um módulo para o desenho do modelo, o mesmo pode ser feito em outros programas de modelagem, como *AutoCad* e *Rhinoceros* e inserido em formato .SAT, na primeira etapa de simulação.

De acordo com Leite (2015), o domínio estanque onde a geometria estará pode ter diferentes formas, como retângulos, octógonos ou círculos. A escolha deste formato depende do que se prentende analisar quanto à direção dos ventos. Quando o intuito é a análise de apenas uma direção de vento incidente, utiliza-se um domínio retangular, o que diminui o número de elementos e facilita a geração das malhas (LEITE, 2015). Como aqui serão analisadas três direções de vento, optou-se pela utilização de um domínio circular, sendo, assim, necessária apenas uma modelagem de cada

componente para todas as direções simuladas, reduzindo o tempo de trabalho.

Quanto ao tamanho do domínio, Cost (2004) aconselha que, se os resultados quiserem ser comparados com experimentos realizados em túnel de vento, os limites de entrada, laterais e superior devem estar 5H distantes da geometria, onde H é a altura do maior elemento presente no modelo. O autor completa que o limite de saída deve ser igual a 15H, visto que o fluxo inteiramente desenvolvido é percebido neste local.

As geometrias foram previamente modeladas na plataforma *Rhinoceros*, devido à facilidade de trabalhar o modelo neste programa. Foram respeitadas todas as dimensões testadas pelos autores dos trabalhos selecionados, para que os resultados de ventilação pudessem ser comparados aos de acústica disponibilizados pelos autores. Vale ressaltar que, para que a simulação ocorra, todos os elementos do modelo precisam estar unidos e fechados, representando uma única geometria.

Todos os componentes foram inseridos em um modelo genérico, com base de dimensões 3,00 m x 3,00 m e altura de 2,70 m (ACCIOLY, OLIVEIRA e BITTENCOURT, 2016). Na face oposta da parede onde os componentes foram inseridos, foi colocada uma porta, de dimensões 0,80 x 2,10 m. Vale ressaltar que se optou por uma porta a fim de facilitar a comparação entre todos os componentes estudados. Toda a geometria foi unida através do comando *BooleanUnion* disponível no *software* (Figura 92).

Posteriormente, foi gerado um domínio circular, respeitando as sugestões feitas por Cost (2004), descritas acima. O domínio e o modelo genérico com as janelas foram ligados através do comando *BooleanDifference* também disponível no *Rhinoceros* (Figura 93). Dessa forma, cada arquivo ficava com duas geometrias. Entretanto, percebeu-se um erro de simulação ao utilizar dois *bodies* e as duas geometrias foram, assim, unidas através novamente do comando *BooleanUnion*. Ao todo foram modeladas 51 geometrias (50 componentes + tipologia base) e exportadas em formato *.SAT* para serem inseridas diretamente no *Workbench* do *ANSYS CFX*.

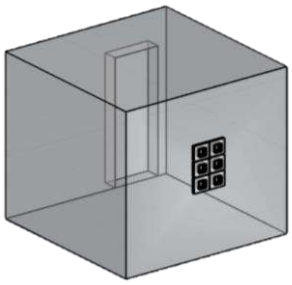


Figura 92 - Modelo genérico com o componente 4c.

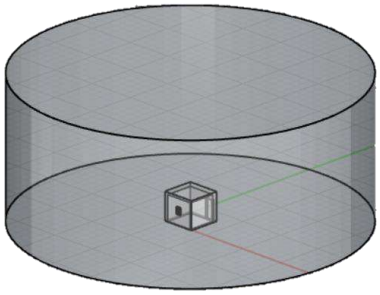


Figura 93 – Geometria pronta para ser inserida no *CFX*.

5.3) SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ETAPAS DO PROCESSO

As simulações computacionais foram realizadas no *software ANSYS* dentro do módulo *CFX* disponível na plataforma *Workbench*[12]. O intuito é descrever os fluxos de vento dentro dos ambientes e através de cada componente. O programa *ANSYS CFX* foi escolhido devido à disponibilidade de licença no Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) da FAU USP, onde a pesquisa foi desenvolvida. Além disso, vale ressaltar que a decisão de utilizar esse *software* também foi baseada em seu excelente desempenho ao fornecer soluções confiáveis, com relativa rapidez e uma plataforma amigável ao usuário.

A simulação para a avaliação de ventilação natural é realizada em cinco etapas organizadas na plataforma *Workbench*. A primeira é a modelagem da geometria (*Geometry*) a ser analisada. A segunda é a elaboração da malha (*Mesh*), onde é incluída a definição das *parts* do modelo. A terceira é a determinação das condições iniciais (*Setup*), como a velocidade e direção do vento, e as informações de rugosidade de determinados materiais. Ressalta-se que para esta pesquisa foram analisadas três direções de vento, sendo uma com incidência perpendicular à fachada (180°), e outras duas com incidência oblíqua (225° e 135°). Essas três direções

[12] A plataforma Workbench é a área de trabalho do ANSYS, onde é possível combinar diferentes ferramentas do *software* e gerenciar o projeto. Na plataforma, é possível adicionar diferentes blocos de construção, podendo ser um sistema completo (por exemplo, Fluid Flow CFX) ou componentes do sistema (por exemplo, Geometry + Mesh + CFX), e vincular ou transferir dados entre os sistemas.

de vento foram escolhidas para entender como são os fluxos provocados por cada uma delas nos componentes, visto que as tipologias possuem geometrias bem distintas. Após, é feita a simulação (*Solution*) e a quinta etapa se configura na visualização dos resultados (*Results*).

5.3.1) *Geometry*

Conforme já mencionado, o *software* em questão tem uma etapa para a modelagem da geometria. Entretanto, pela facilidade de modelar em outros programas, optou-se por apenas importar os componente para o *ANSYS CFX* (Figura 94). Dessa forma, as geometrias foram salvas em formato .SAT e importadas através do ícone *Geometry*.

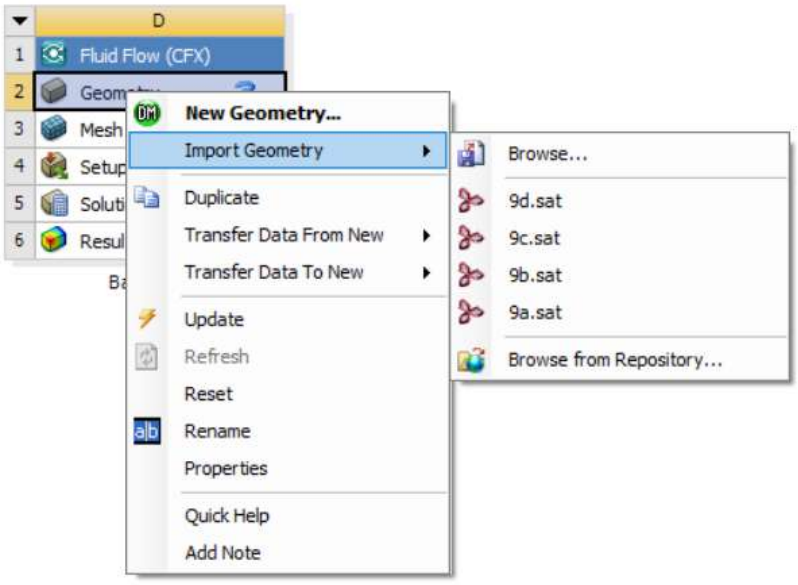


Figura 94 - Processo de importação de geometria para o CFX.

5.3.2) *Mesh*

a. Definição das *parts*

Após a importação do modelo criado para dentro da plataforma *Workbench* foram definidas as *parts* do modelo. De acordo com Luckiantchuki (2015), as superfícies que forem receber o mesmo tratamento na definição das condições iniciais devem ser agrupadas em *parts.* Como esta pesquisa possui uma finalidade exploratória, optou-se por dividir no máximo de *parts,* caso surgisse a necessidade de análises posteriores.

Dessa forma, foram definidas as seguintes *parts: DOMINOUT*, contorno do domínio por onde o fluido entra e sai; DOMTETO, superfície de cima do domínio; DOMPISO, piso do domínio; BOX*IN,* face do modelo onde está a janela de entrada do fluido; *BOXOUT,* face do modelo onde se encontra a porta para a saída do fluido; *BOXPAREDE,* paredes e teto do modelo, e *REST*, onde se encontram todas as outras geometrias não listadas (Figura 95). Ressalta-se aqui que cada usuário atribui os nomes que desejarem para cada *part,* dependendo do tratamento a ela fornecido.

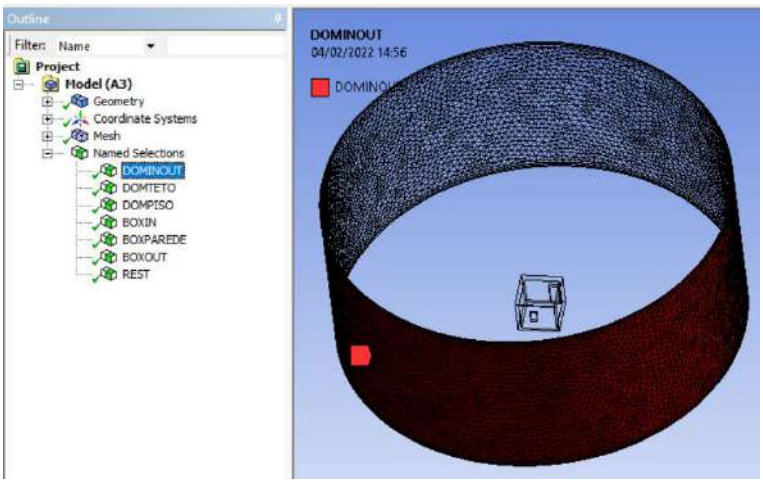


Figura 95 - *Parts* da tipologia base definidas, com as paredes do domínio em destaque.

As tipologias com inserção de material absorvente foram divididas em mais *parts*, como é o caso da tipologia 3, com a inclusão das seguintes *parts: FOLHAINT, FOLHAEXT* e *MOLDURA (*Figura 96*)* e das tipologias 5 e 6, com inclusão de MATERIALEXT e MATERIALINT.

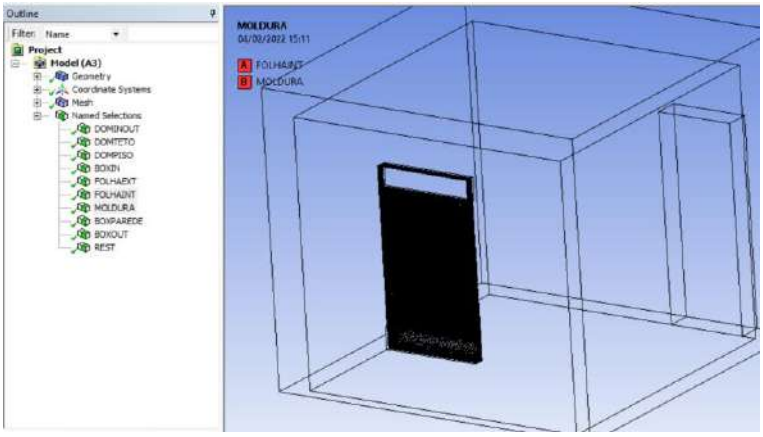


Figura 96 - Modelo do componente 3D, com as *parts* definidas e inclusão das *parts* MOLDURA, FOLHAINT e FOLHAEXT para avaliação de rugosidade.

b. Geração da malha

Depois da definição das *parts,* a malha foi gerada. Ela representa os obstáculos presentes na geometria e no entorno, sendo a divisão do modelo em partes menores. Cada ponto da malha se torna um ponto a ser solucionado através das equações fundamentais embutidas no *software* (LEITE, 2015).

Neste estudo, foram geradas malhas desestruturadas compostas, em sua maioria, por tetraedros. No entorno das geometrias, foram inseridos elementos prismáticos, em oito camadas, para se entender o impacto do desprendimento da camada limite.

Com o objetivo de obter resultados mais confiáveis, foi realizado o teste de independência da malha. De acordo com Lukiantchuki (2015), o teste de independência de malha significa simular o mesmo elemento, incialmente com uma malha mais grosseira. Em seguida, esta malha vai sendo refinada até que se atinja uma invariabilidade dos resultados. Como explica Leite (2015), este teste objetiva atribuir malhas adequadas às simulações, sem que isso signifique uma quantidade exagerada de elementos e de tempo de processamento.

O teste foi feito para os componentes "a", com direção de vento perpendicular, das nove tipologias estudadas (1a180, 2a180, 3a180, 4a180, 5a180, 6a180, 7a180, 8a180, 9a180). O objetivo foi chegar a uma malha comum para todas as tipologias avaliadas. Dessa forma, primeiramente foi gerada uma malha com poucos elementos (*relevance*[13] igual em 0, e *cells across gap*[14] igual a 3). Depois, essa malha foi refinada quatro vezes. Com a finalidade de comparar os resultados, foram colocados nove pontos de controle, de onde se obtiam valores de velocidade do ar em m/s. Na maioria das tipologias, os resultados de velocidade do ar, a partir da terceira

[13] A opção *relevance* permite controlar o refinamento da malha. Quanto maior o valor fornecido, mais refinada é a malha e, assim, os resultados são mais precisos (ANSYS, 2020).
[14] A opção *cells across gap* representa o número mínimo de camadas de elementos que serão geradas entre dois elementos do domínio (ANSYS, 2020). De acordo com Lukiantchuki (2015), quanto mais complexa a geometria, maior a influência deste parâmetro no número total de elementos.

simulação, não tiveram alterações significativas, ou seja, a diferença entre os resultados não ultrapassou 10%. Entretanto, em outras tipologias, esse resultado só foi invariável a partir da quarta condição de refinamento.

Assim sendo, optou-se por utilizar o nível mais alto de refinamento da malha testado, com o nível de refinamento (*Relevance)* igual a 80, o *Relevance Center*[15] em *Fine* e o *Num Cells Across Gap* igual a 8, resultando em uma malha que pode ser observada na Figura 97.

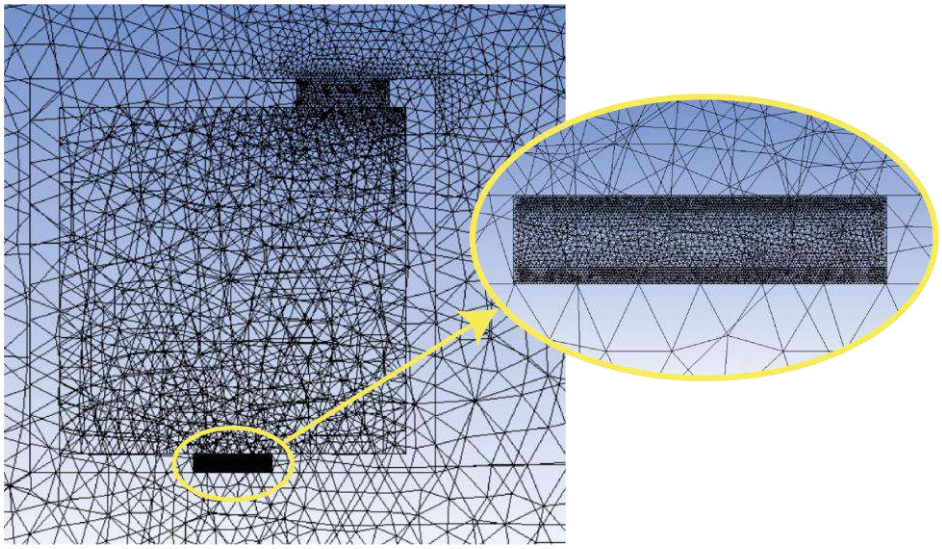


Figura 97 - Componente 2a com malha refinada.

5.3.3) *Setup*

Nessa terceira etapa do *ANSYS CFX* são introduzidas as condições iniciais, como as informações sobre a entrada e saída do vento que passa pelo domínio. Dessa forma, definiu-se que a *part DOMINOUT* seria um *boundary de opening*[16]. Os gradientes de vento foram modificados, com base na Equação 1 - Correção do perfil de vento de acordo com a rugosidade do terreno., apresentada no Capítulo 2. Optou-se por fazer uso dessa equação para estudos futuros, porém os coeficientes escolhidos nesta pesquisa foram os de "área aberta plana" (k = 0,68; a = 0,17).

[15] A opção *Relevance Center* é a resolução da malha. As opções são *Coarse, Medium* e *Fine,* indo da menor para a maior resolução. Essa opção define o controle da opção *Relevance.*

[16] A opção *opening* é atribuída às fronteiras/superfícies (chamadas no *software* de boundary) de abertura, por onde o fluxo de vento passa. Nesse caso, por onde ele entra e sai. Quando o domínio não é circular e simula um túnel de vento, a abertura é configurada como *boundary* de *inlet* e a saída de *outlet.*

Para inserção dos parâmetros de velocidade, direção e perfil do vento, foram inseridas dentro do *software*, as fórmulas e valores da Tabela 18, com modificação dos coeficientes mencionados e da direção do vento, de acordo com a situação simulada, 180, 225 ou 135 (Figura 98), e com o estabelecimento de uma velocidade de referência a 2 m/s.

Tabela 18 - Equações de correção do perfil de vento.

Expressões	Valores
a	0.17
dir	180 ou 225 ou 135
dira	(180+dir)*pi180
kref	0.68
pi180	pi/180
speed	velref*kref*zref^a
thetaa	dira
u1	speed*sin(theeta)
v1	speed*cos(theeta)
velref	2.0 [m^1s^-1]
zinf	1[m]
zref	abs(z)/zinf

Fonte: Nazareth, 2020, adaptado.

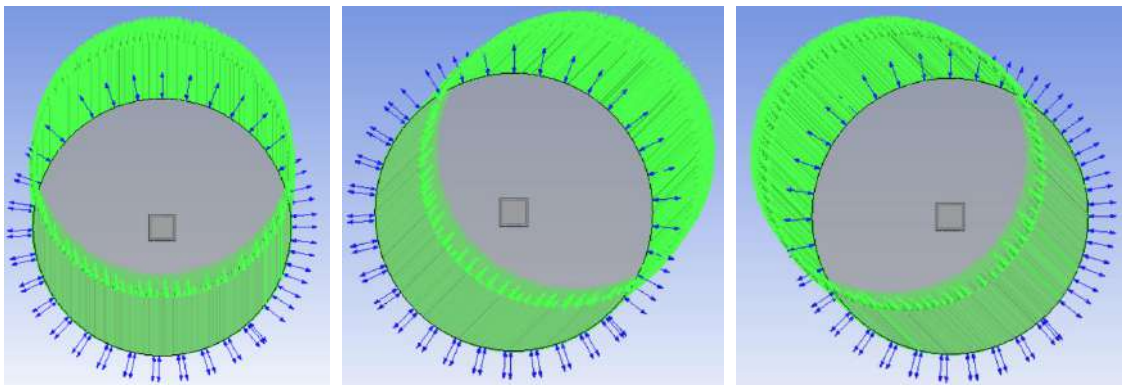


Figura 98 - Modelo na etapa *Setup* com as direções de vento definidas.

No restante das *parts* foram atribuídas *boundary* de *wall*[17]. Para os componentes que possuíam a inserção de material de absorção sonora, foi definido o *boundary wall,* porém com a opção *Rough wall* (parede rugosa), atribuindo uma rugosidade de grão de areia de 15 mm. Nesta etapa, também são fornecidas informações para o controle da simulação, como o intervalo

[17] A opção *wall* é atribuída às fronteiras/superfícies (chamadas no *software* de boundary) sólidas, isto é, que não permitem a passagem do fluxo de vento.

de tempo, o número máximo de iterações e o critério de convergência que será utilizado para a solução do modelo (LUKIANTCHUKI, 2015). Sendo assim, foi indicado um máximo de 600 iterações e um nível de resíduos igual a 10^{-4}e. Segundo Lukiantchuki (2015), convergências acima de 10^{-4}e são superficiais e pouco confiáveis. As características utilizadas para o fluido, domínio, *entrada e saída do fluido e material absorvente* e aquelas utilizadas para o controle da simulação estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 - Parâmetros utilizados para as simulações.

ANALYSIS TYPE (Regime adotado na simulação)	
Option	Steady State
FLUID (Características do fluido)	
Description Descrição	Air
Temperature	25°C
Pressure	1 [atm]
Group	Air Data, Constant Property Gases
Option	Pure Substance
Thermodynamic State	Gas
DOMAIN (Características do domínio)	
Coord Frame	Coord 0
Domain Type	Fluid Domain
Buoyancy Model - Option	Non Buoyant
Domain Motion - Option	Stationary
Mesh Deformation - Option	None
Reference Pressure	1 [atm]
Fluid Material	Air at 25°C
Morphology – Option	Continuous Fluid
Heat Transfer Model – Option	Isothermal
Turbelence Model - Option	K epsilon
Turbulence Wall Functions – Option	Scalable
Combustion Model – Option	None
Thermal Radiation Model – Option	None
DOMINOUT (Características da entrada e saída de ar)	
Boundary Type	INLET
Location	INLET
Flow Regime – Option	Subsonic
Mass and Momentum – Option	Cart. Vel. Components
U	u1
V	v1
W	0 [m/s]
Turbulence – Option	Medium (Intensity = 5%)
MATERIAL DE ABSORÇÃO SONORA (apenas nos componentes que possuem a inserção de material absorvente)	
Boundary Type	WALL

Location	FOLHAINT; FOLHAEXT; MOLDURA; MATERIALINT; MATERIALEXT[18]
Mass and Momentum – Option	No Slip Wall
Wall Roughness – Option	Rough Wall
Sand Grain Roughness Height	15 [mm]
SOLVER CONTROL (Parâmetros utilizados para a simulação)	
Advection Scheme – Option	High Solution
Turbulence Numerics - Option	First Order
CONVERGENCE CONTROL:	
Length Scale Option	Conservative
Maximum Number of Iterations	600
Minimum Number of Iterations	1
Timescale Control	Auto Timescale
Timescale Factor	1,0
CONVERGENCE CRITERIA:	
Residual Target	10^{-4}
Residual Type	RMS[19]
DYNAMIC MODEL CONTROL:	
Global Dynamic Model Control	Selecionado

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

5.3.4) *Solution*

Para a simulação, foram utilizados 6 núcleos do processador da máquina, na opção *Platform MPI Local Parallel*[20]. Primeiramente, todos os dispositivos foram simulados com a direção de vento perpendicular, em uma malha mais grosseira, que despende menos tempo. O intuito disso foi a detecção de qualquer erro antes da simulação com a malha refinada.

Todas as simulações com direção de vento perpendicular (180°) apresentaram gráficos de momento e massa estáveis e alcançaram o nível de resíduos pretendido antes de chegar a 600 iterações (Gráfico 3). Entretanto, para as outras direções de vento (225° e 135°), a maioria dos componentes não alcançou o nível de resíduos desejado (Gráfico 4), entrando em modo estacionário a partir de 200 iterações. Assume-se nesta

[18] A localização da *part* varia de acordo com o componente avaliado.
[19] O RMS é o desvio padrão das leituras das quantidades, o que permite o cálculo da diferença entre a massa que sai e entra em cada célula (LUKIANTCHUKI, 2015)
[20] A opção *Local Parallel Run é selecionada quando a simulação é rodada em um ou mais processadores de um mesmo computador.* Existem vários modos de execução paralela, incluindo bibliotecas de comunicação MPI (*Message Passing Interface*) e PVM (*Parallel Virtual Machine*), ambas permitem que os processos do solucionador de fluxo se comuniquem entre si. A escolha da biblioteca dependerá do sistema operacional instalado na máquina.

pesquisa que, como a geometria e a malha são as mesmas, alterando apenas a direção do vento nas três condições simuladas, houve calibração do modelo, visto que todos os componentes atingiram o nível de resíduos recomendado na primeira condição, de vento perpendicular.

Gráfico 3 - Gráfico de momento e massa do componente 1e com direção de vento a 180°.

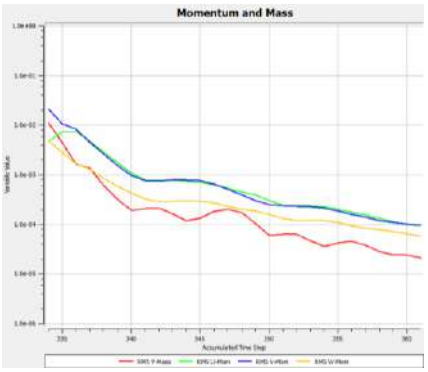
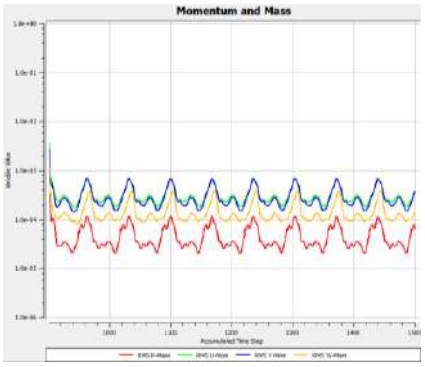


Gráfico 4 - Gráfico de momento e massa do componente 1e com direção de vento a 225°.



5.3.5) *Results*

Nessa etapa os resultados da simulação são visualizados. Aqui é possível colocar as coordenadas dos planos para uma análise qualitativa e as coordenadas dos pontos de controle para uma análise quantitativa, bem como outros parâmetros que se deseja visualizar (pressão, velocidade etc.). Nesta pesquisa, decidiu-se avaliar qualitativamente 6 planos, sendo 3 horizontais (Figura 99), equidistantes a 0,70 m, e 3 verticais, também equidistantes, a 1,10 m (Figura 100).

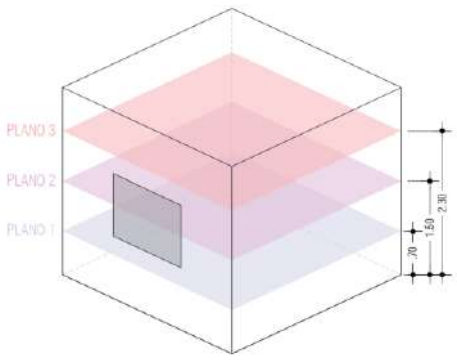


Figura 99 - Planos horizontais analisados.

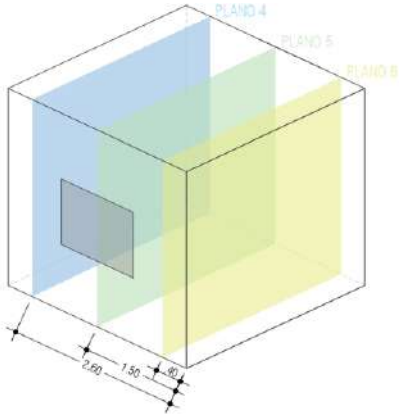


Figura 100 - Planos verticais analisados.

Foram inseridas também coordenadas em 27 pontos de controle (PC) para saber os valores de velocidade do ar (Figura 101). Os PCs foram colocados apenas nos planos horizontais, porém fazendo interseção com os verticais, devido à distância entres eles (afastados das paredes laterais a 0,40 m e entre eles a 1,10 m) Sendo assim, é possível obter a velocidade média dos 6 planos avaliados, o que facilita a tomada de decisões projetuais.

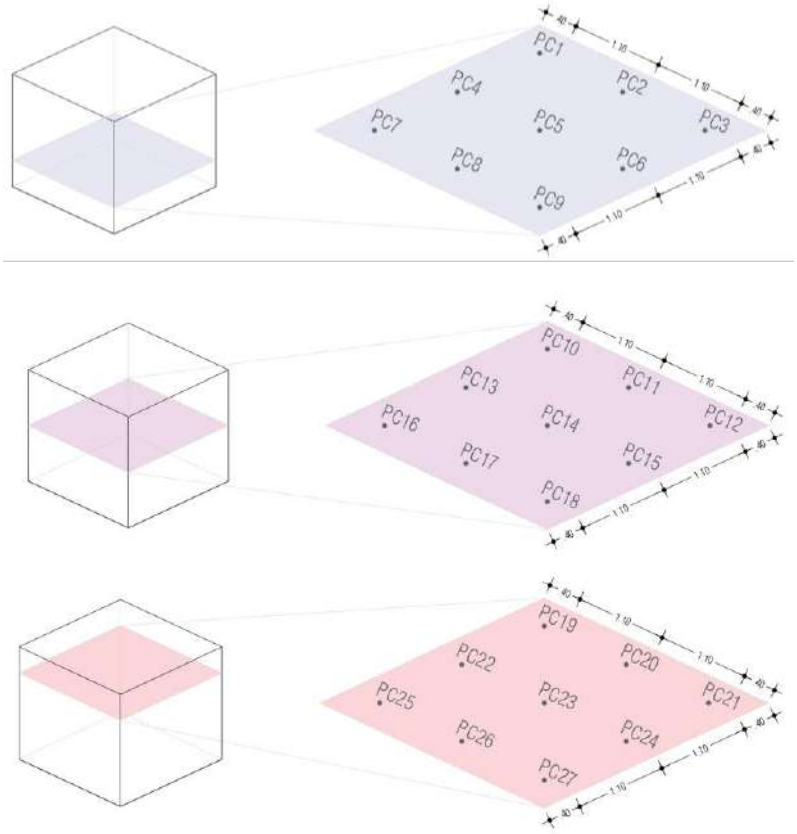


Figura 101 - Localização dos pontos de controle (PCs) nos planos 1, 2 e 3.

Além disso, também foram inseridos pontos de controle na abertura de entrada do fluxo para os cálculos de vazão e número de renovações por hora. Desses pontos, também foram extraídos os valores de velocidade de ar em m/s. A localização e a quantidade de pontos foram variáveis que dependeram de cada componente e da forma que o fluxo passava pela abertura. A Figura 102 apresenta um exemplo da localização e da quantidade dos pontos no componente 1d.

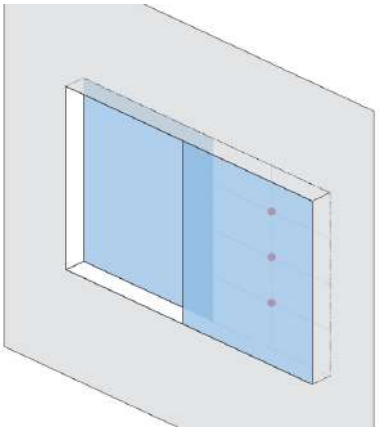


Figura 102 - Exemplo da localização dos pontos de controle para cálculos de vazão (em vermelho) no componente 1d.

5.4) ANÁLISE DOS DADOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

Todos os dados de velocidade de vento extraídos através das coordenadas dos pontos de controle na etapa *Results* da plataforma *Workbench* foram inseridos em uma planilha *Excel*, com abas separadas por tipologia. Com isso, foram realizados os cálculos, a fim de saber a velocidade média em todos os planos de cada componente, para as três direções de vento avaliadas. Também foi calculado o desvio padrão de cada plano horizontal e de todos os 27 pontos de controle para, juntamente com as imagens geradas, entender se o fluxo de vento é distribuído ou direcionado. A planilha com todos os resultados extraídos das simulações se encontra nos Apêndices desta pesquisa.

Os pontos de controle para o cálculo da velocidade média na abertura de entrada do fluxo, coletados para o cálculo de vazão e renovação do ar foram inseridos em outra planilha, que também pode ser encontrada nos Apêndices desta pesquisa. Então, foi calculada a vazão a partir da metodologia britânica e da metodologia utilizada pela ASHRAE, ambas apresentadas no Capítulo 2 desta pesquisa. Dessa forma, é possível entender a diferença entre os dois métodos, tanto em processo como em resultado.

Além das planilhas em Excel com os dados quantitativos, foram geradas imagens com as simulações de cada um dos seis planos e organizadas em pastas, para uma análise qualitativa. Com isso, foi possível perceber a forma

como a ventilação passava pelos componentes e entrava no ambiente, bem como a distribuição dos fluxos de vento.

A avaliação para a acústica é um pouco mais complexa, visto que depende das informações fornecidas nos trabalhos avaliados. Os valores de isolamento sonoro também foram inseridos em planilhas em *Excel*, com o objetivo de comparar os resultados apresentados e tentar padronizá-los para a inserção destes em fichas de resultados. Aqui, só foi possível apresentar resultados quantitativos, sendo esses obtidos a partir de medições realizadas pelos autores das pesquisas e dos critérios escolhidos por eles.

5.5) FICHAS-SÍNTESE – VENTILAÇÃO NATURAL E CONTROLE DE RUÍDO

Os resultados de ventilação natural e controle de ruído foram esquematizados em fichas-síntese, onde são apresentadas resumidamente todas as informações resultantes desta pesquisa, conforme o exemplo na Figura 103.

No espaço 1, é apresentado o nome do componente, junto com a incidência de vento analisada, de forma escrita e com imagem para ilustrar. No espaço 2, uma imagem do componente com suas medidas e alguns dados relevantes para o entendimento das informações contidas na ficha-síntese. No espaço 3, é apresentada uma tabela com todos os resultados de velocidade de vento obtidos nos pontos de controle. Os resultados obtidos dos cálculos de vazão e renovações de ar, a partir das fórmulas utilizadas pelas metodologias da ASHRAE e britânica foram localizados no espaço 4. Já no quinto quadro, são apresentadas imagens com os fluxos de vento nos planos estudados; cada imagem acompanha informações quantitativas sobre a velocidade média do ar em cada plano e o desvio padrão, parâmetro utilizado para verificar a distribuição de velocidades de vento no ambiente.

Figura 103 - Divisão das fichas-síntese com os resultados.

No quadro 6, é apresentado um gráfico com a perda de transmissão sonora do componente em função da frequência. Vale ressaltar que nem todos os trabalhos avaliados apresentam os resultados dessa forma, alguns autores expressam seus resultados em valores únicos (ponderados), portanto nem todas as fichas-sínteses apresentam o gráfico em função da frequência.

No espaço 7 são apresentados dados na forma de escala. A primeira escala é a de distribuição do vento, tomando como base o desvio padrão entre as velocidades dos pontos de controle; a segunda é a de velocidade média, em m/s e a terceira é a de isolamento sonoro. Essas três escalas trazem uma análise comparativa de aspectos importantes avaliados nesta pesquisa. Para fins de comparação do isolamento sonoro, foi utilizada uma escala de 0 dB a 40 dB com os valores únicos (ponderados) obtidos de acordo com a norma ISO 717-1 (2020). Tais valores foram calculados para todos os casos em

que os índices por banda de frequência eram conhecidos. Para as tipologias em que as os valores por banda de oitava não foram fornecidos, foram utilizados os valores em 1000 Hz, com um asterisco indicando tal condição. Vale ressaltar que, em determinados trabalhos, foram fornecidos apenas os valores únicos, não sendo possível obter o valor ponderado a partir da norma ISO 717-1 (2020) e nem a elaboração do gráfico por bandas de frequência.

5.6) LISTAGEM DAS DIRETRIZES PROJETUAIS

A partir da análise individual e comparativa dos componentes apresentados e tendo em vista a revisão bibliográfica sobre ventilação natural e acústica, realizada nos Capítulos 2 e 3, foram definidas diretrizes projetuais. Para essa proposta de diretrizes, buscou-se um ponto ótimo entre os aspectos que envolvem a ventilação natural e aqueles que se relacionam ao controle de ruído, levando-se sempre em consideração a realidade climática na maior parte do Brasil.

CAPÍTULO 6

Apresentação dos Resultados

CAPÍTULO 6: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Antes de iniciar a apresentação dos resultados, é importante dizer que, durante a tabulação dos dados e realização de cálculos, notou-se que o desvio padrão (DP) não foi um parâmetro muito útil para entender a distribuição do vento no ambiente. Esse apenas pode ser considerado quando uma análise qualitativa é realizada em conjunto. Isso ocorre porque quando a velocidade é muito baixa em todos os pontos de controle, analisar apenas o DP faz com que o ambiente aparente ter boa distribuição de vento, quando na verdade no ambiente todo quase não há fluxo de vento.

Por outro lado, um jato de vento de velocidade mais alta pode passar próximo do ponto de controle, mas não por cima deste, fazendo com que na análise quantitativa esses valores não apareçam. Em uma futura pesquisa, que não seja de caráter exploratório, como é o caso desta, talvez seja interessante a colocação de mais pontos de controle, ou a colocação dos pontos de controle em locais de interesse, dependendo do projeto e *layout* a que se destina, a fim de obter resultados quantitativos mais exatos e focados.

Além disso, a tentativa de incluir rugosidade no ANSYS de forma a representar o material de absorção sonora não provocou efeitos significativos em nenhum dos componentes avaliados, apenas diferenças sutis e quase imperceptíveis em alguns casos. Entende-se que mais estudos precisam ser realizados, incluindo ensaios em túnel de vento, para saber como calibrar esse aspecto nas simulações em CFD.

Quanto aos valores de vazão e renovações de ar, atenta-se para o fato de que esses valores, quando calculados através de fórmulas, como foi o caso desta pesquisa, geralmente são maiores do que na realidade. Também foi possível notar que os valores obtidos através na metodologia utilizada pela ASHRAE foram maiores que aqueles obtidos através da metodologia utilizada pelo *British Standards Institute* para a incidência de vento perpendicular à

fachada. Por outro lado, nos cálculos onde a incidência de vento era oblíqua, a primeira metodologia forneceu valores menores de renovação de ar.

Ainda sobre a metodologia da ASHRAE e os valores relacionados à efetividade das aberturas (C_v) em função do fator de relação (fr) entre saída e entrada, ressalta-se que em determinados componentes, o fator de relação foi maior que 5:1, porém não foi disponibilizado o fr para situações maiores que essa e, portanto, não houve correção dos valores para componentes com aberturas muito pequenas.

Dessa forma, nas páginas a seguir, encontram-se 153 fichas-síntese, com todos os resultados obtidos nesta pesquisa, separados por componente. A apresentação em fichas-síntese foi a forma mais dinâmica encontrada para expor os dados quantitativos e qualitativos, de uma forma que direcionasse à elaboração de diretrizes projetuais. Assim, é possível obter todas as informações de um mesmo componente em sua respectiva ficha-síntese e compará-lo com outro de forma mais simplificada.

As primeiras fichas-síntese se referem à tipologia base. E nas que seguem, encontram-se os componentes em ordem crescente, por tipologia. Cada componente possui três fichas-síntese, referentes às incidências estudadas, na seguinte ordem: 180°, 225° e 135°. Entende-se que todos os resultados de componentes e incidências precisam ser apresentados, pois cada projeto possui um escopo diferente, como a necessidade de mais ou menos velocidade de vento, de ventos distribuídos ou focados em uma direção do ambiente, de mais ou menos isolamento sonoro, entre outros objetivos. Além disso, cada componente, por ter geometria peculiar, capta o vento de forma diferente.

Apesar de nesta pesquisa ter sido buscado um ponto ótimo entre o controle de ruído e a ventilação natural, é importante ressaltar que cada componente e direção de vento possuem efeitos sobre o ambiente interno e cada efeito pode ser apreciado e/ou desejado, dependendo do projeto em que se insere.

Outro detalhe importante de ser mencionado é que os estudos de acústica não são realizados para várias incidências, ou localizações de fontes. Dessa forma, as fichas-síntese com incidências de vento 225° e 135° possuem as mesmas informações sobre o controle de ruído das fichas-síntese com incidência a 180°.

Na Figura 104 são relembrados os posicionamentos dos seis planos analisados, sendo os planos 1, 2 e 3 horizontais e os planos 4, 5 e 6 verticais. Na mesma imagem, estão ainda os 27 pontos de controle, escolhidos para análise quantitativa. Os nove primeiros se encontram no plano 1, mais abaixo, os pontos que vão do 10 ao 18 estão localizados no plano 2, no meio do ambiente, e os nove últimos pontos de controle estão no plano 3, mais acima.

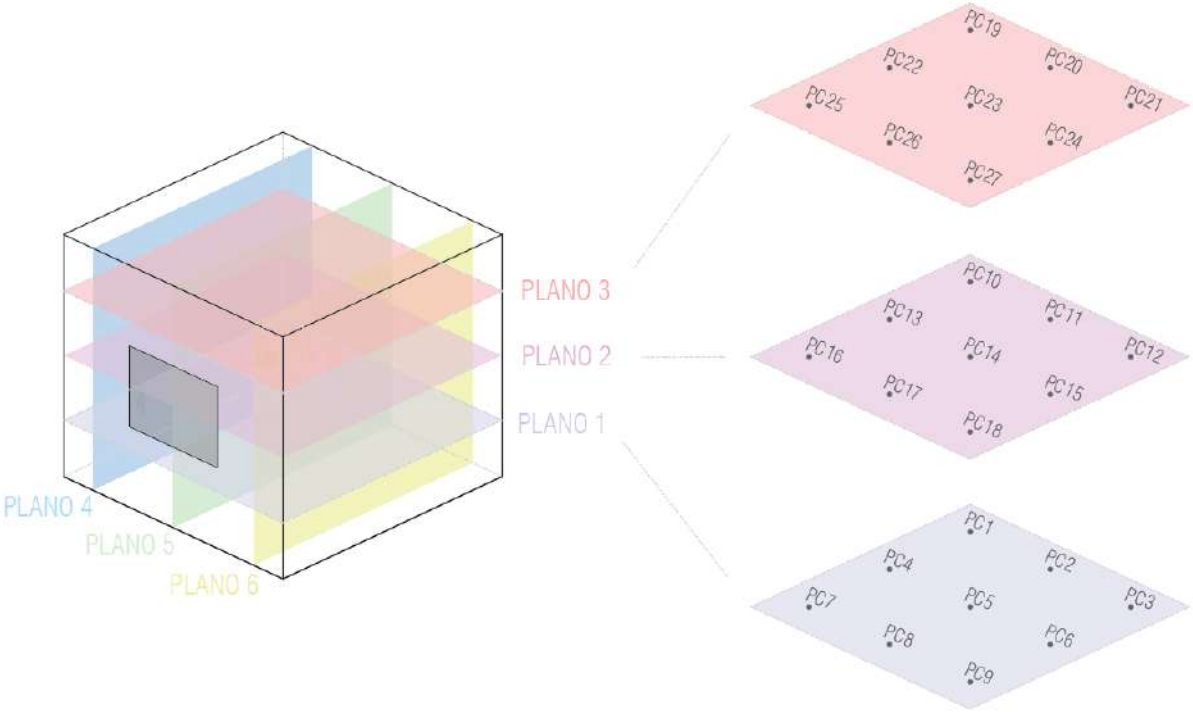
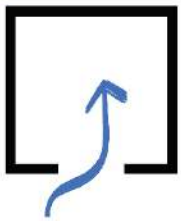


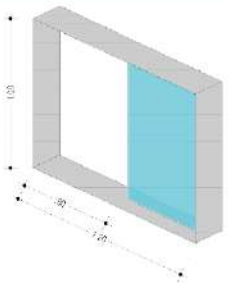
Figura 104 - Posicionamento dos 6 planos e dos 27 pontos de controle analisados.

Dados do Componente:

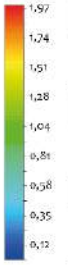
Base
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: -
Altura: 1,00 m
Aberturas: 0,60 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,10 m
Janela convencional de correr



Velocidade (m/s)



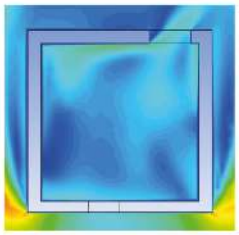
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,52	0,21	0,27	0,12	0,29	0,30	0,25	0,25	0,21
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,51	0,35	0,40	0,61	0,55	0,24	0,40	0,23	0,24
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,38	0,17	0,22	0,15	0,38	0,14	0,22	0,28	0,25

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,54 m³/s
Número de Renovações/hora = 80

METODOLOGIA ASHRAE

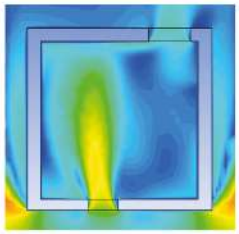
Vazão = 0,71 m³/s
Número de Renovações/hora = 105



Plano 1

Velocidade do ar: 0,27m/s

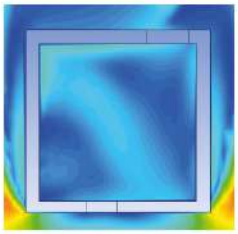
Desvio padrão 0,11



Plano 2

Velocidade do ar: 0,39 m/s

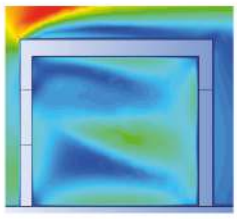
Desvio padrão 0,14



Plano 3

Velocidade do ar: 0,24 m/s

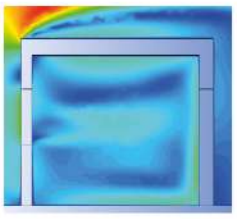
Desvio padrão 0,09



Plano 4

Velocidade do ar: 0,35 m/s

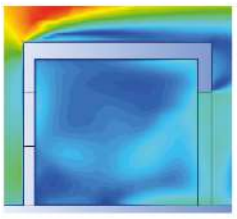
Desvio padrão 0,18



Plano 5

Velocidade do ar: 0,30 m/s

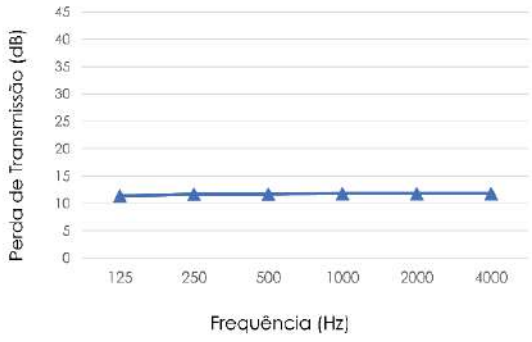
Desvio padrão 0,11

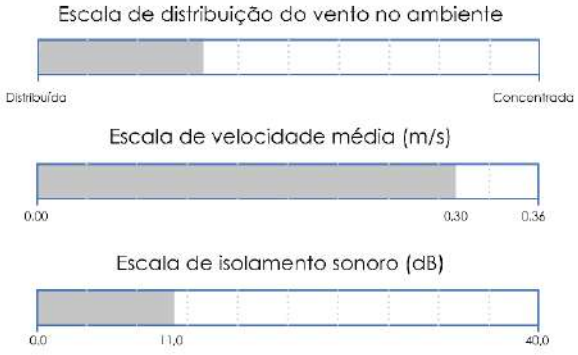


Plano 6

Velocidade do ar: 0,25 m/s

Desvio padrão 0,07





Considerações:

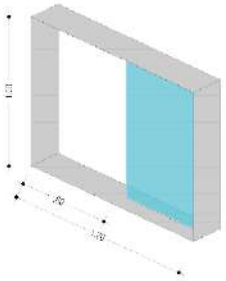
Para esta incidência, o posicionamento da porta e da janela foi bastante favorável, trazendo boas condições de ventilação em todos os planos. Do ponto de vista de controle de ruído, o componente, juntamente com a fachada possuem um R_w de 11dB. Se considerarmos apenas o componente, esse valor cai para 3,0 dB.

Dados do Componente:

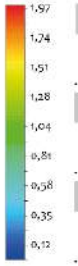
Base

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: -
Altura: 1,00 m
Aberturas: 0,60 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,10 m
Janela convencional de correr



Velocidade (m/s)



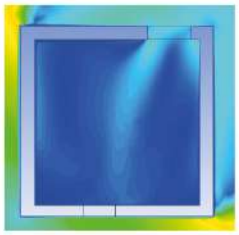
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,13	0,15	0,10	0,26	0,05	0,07	0,19	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,07	0,86	0,15	0,54	0,10	0,14	1,95	0,08
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,16	0,16	0,47	0,18	0,09	0,28	0,11	0,50	0,20

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,54 m³/s
Número de Renovações/hora = 81

METODOLOGIA ASHRAE

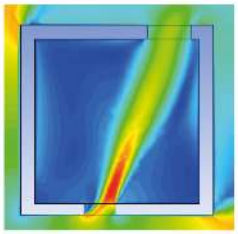
Vazão = 0,47 m³/s
Número de Renovações/hora = 70



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

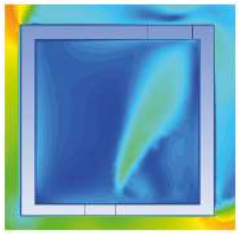
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,44 m/s

Desvio padrão 0,63



Plano 3

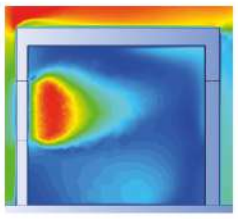
Velocidade do ar: 0,24 m/s

Desvio padrão 0,15

Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

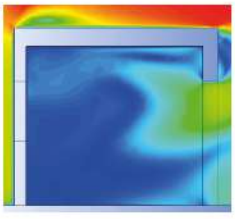
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,43 m/s

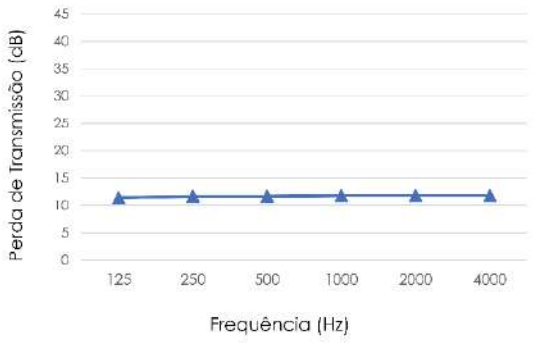
Desvio padrão 0,59

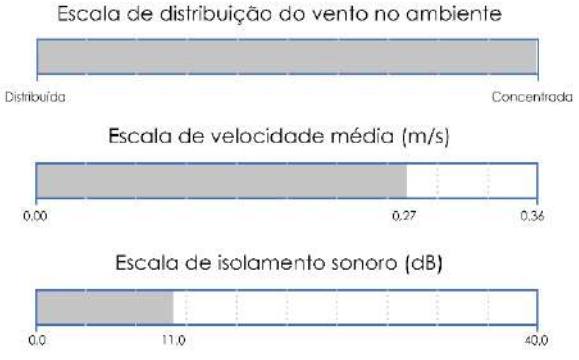


Plano 6

Velocidade do ar: 0,25 m/s

Desvio padrão 0,26





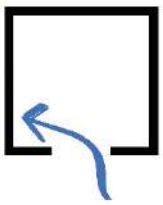
Considerações:

Esta incidência, juntamente com a abertura da janela e o posicionamento da porta, criam uma corrente de ar direta entre a abertura de entrada e a de saída.

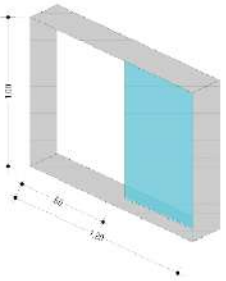
Dados do Componente:

Base

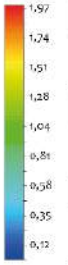
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: -
Altura: 1,00 m
Aberturas: 0,60 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,10 m
Janela convencional



Velocidade (m/s)



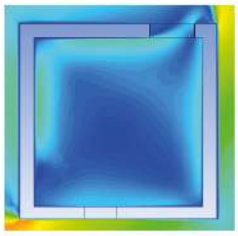
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,38	0,33	0,17	0,32	0,07	0,28	0,14	0,22	0,15
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,38	0,20	0,18	0,71	0,12	0,35	0,35	0,19	0,22
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,27	0,28	0,20	0,43	0,13	0,07	0,11	0,24	0,18

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,19 m³/s
Número de Renovações/hora = 29

METODOLOGIA ASHRAE

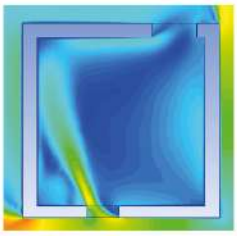
Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 25



Plano 1

Velocidade do ar: 0,23 m/s

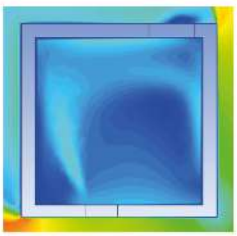
Desvio padrão 0,10



Plano 2

Velocidade do ar: 0,30 m/s

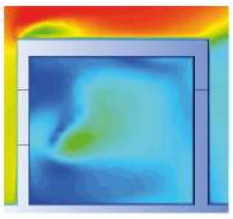
Desvio padrão 0,18



Plano 3

Velocidade do ar: 0,21 m/s

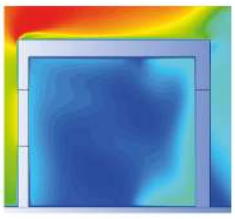
Desvio padrão 0,11



Plano 4

Velocidade do ar: 0,34 m/s

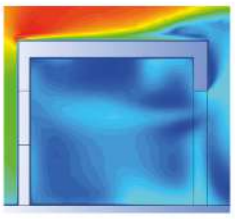
Desvio padrão 0,18



Plano 5

Velocidade do ar: 0,20 m/s

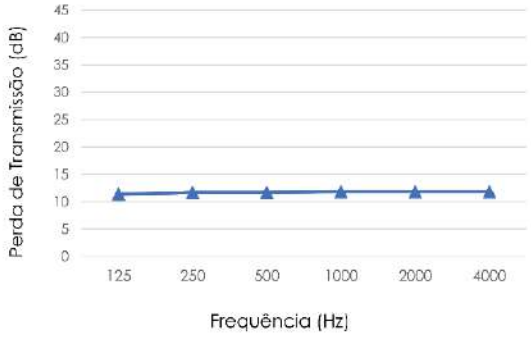
Desvio padrão 0,08

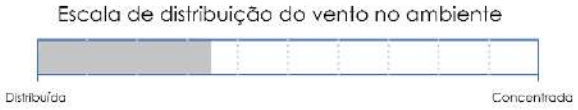


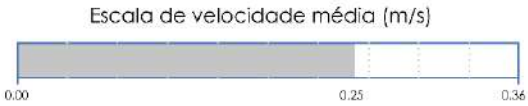
Plano 6

Velocidade do ar: 0,20 m/s

Desvio padrão 0,08







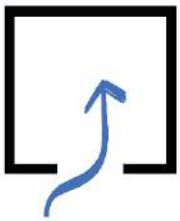
Considerações:

Ao contrário do que ocorreu na incidência anterior, aqui a abertura da janela e posicionamento da porta não foram favoráveis para esta incidência. Apesar disso, ainda existe boa condição de ventilação e distribuição de fluxos no interior do ambiente, principalmente nas áreas mais próximas às paredes.

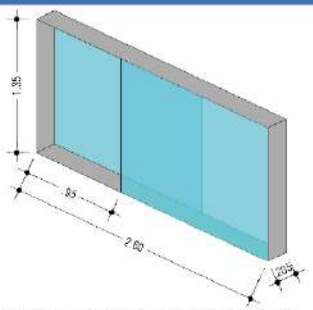
Dados do Componente:

1a

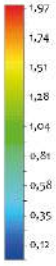
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 2,60 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,23	0,07	0,05	0,14	0,11	0,09	0,13	0,20	0,20
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,17	0,17	0,17	0,11	0,08	0,10	0,08	0,10	0,19
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,08	0,13	0,32	0,06	0,06	0,16	0,03	0,07	0,13

METODOLOGIA BRITÂNICA

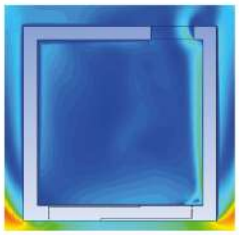
Vazão = 0,82 m³/s

Número de Renovações/hora = 122

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,95 m³/s

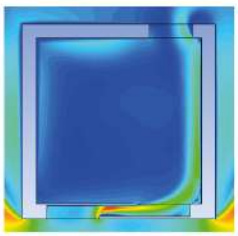
Número de Renovações/hora = 140



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

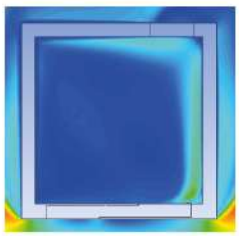
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,13 m/s

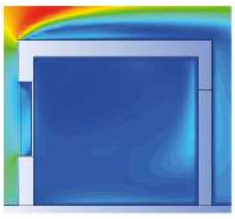
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,12 m/s

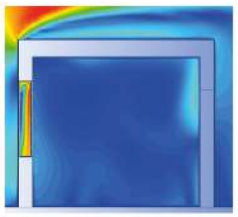
Desvio padrão 0,09



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

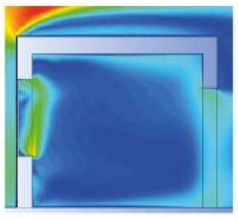
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

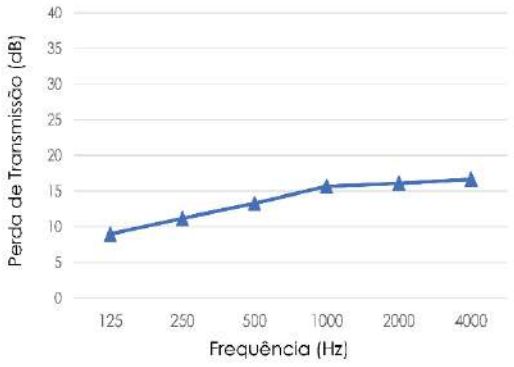
Desvio padrão 0,05

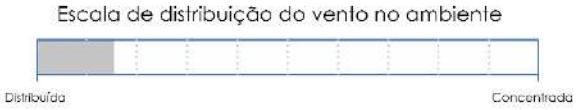


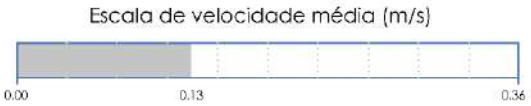
Plano 6

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,08







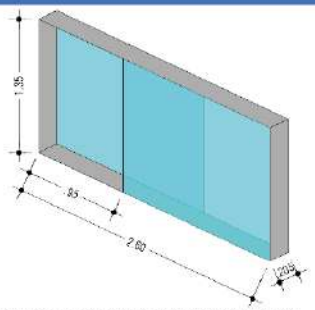
Considerações:

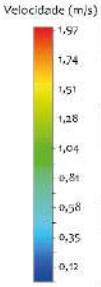
O vento entra no ambiente contornando a parede da direita, fazendo com que na parte central tenha uma ventilação com baixa velocidade. Do ponto de vista acústico, o componente apresenta um índice de redução sonora ponderado de 16 dB e de 13 dB para o espectro de tráfego viário.

Dados do Componente:

1a
225°

Incidência de vento oblíqua a fachada
Comprimento: 2,60 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 2
Distância do piso: 0.90 m





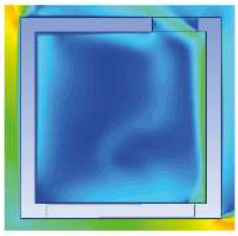
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,27	0,07	0,09	0,20	0,13	0,14	0,16	0,28	0,28
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,32	0,16	0,24	0,18	0,06	0,13	0,16	0,18	0,26
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,16	0,32	0,06	0,11	0,10	0,03	0,10	0,17

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,80 m³/s
Número de Renovações/hora = 119

METODOLOGIA ASHRAE

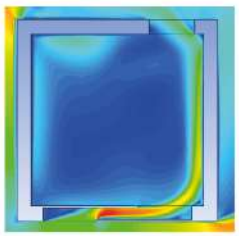
Vazão = 0,61m³/s
Número de Renovações/hora = 91



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

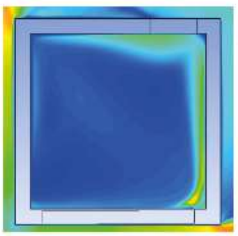
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

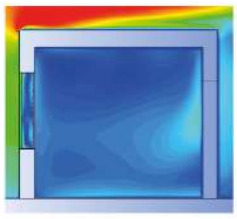
Desvio padrão 0,08



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

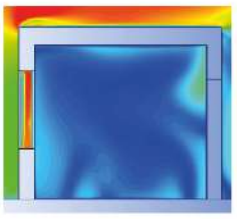
Desvio padrão 0,08



Plano 4

Velocidade do ar: 0,17 m/s

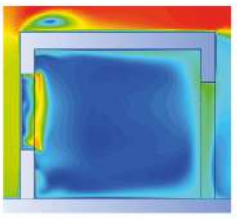
Desvio padrão 0,09



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

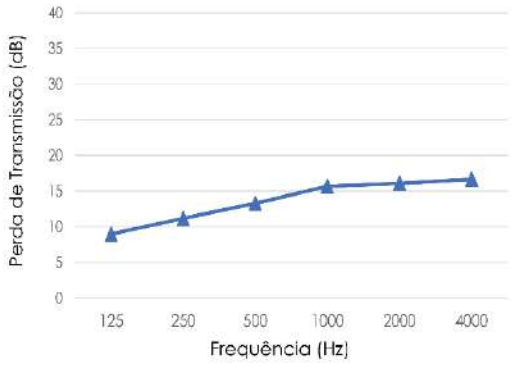
Desvio padrão 0,07

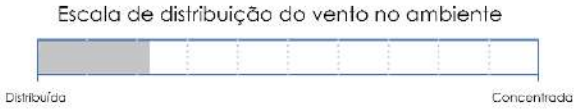


Plano 6

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,08



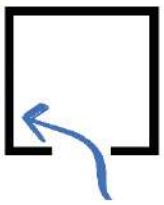


Considerações:

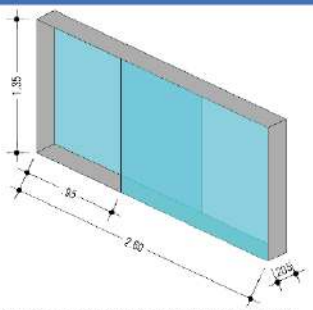
O vento entra no ambiente contornando a parede da direita. Porém, o posicionamento das aberturas do componente e da porta em relação à incidência do vento traz maiores velocidades de ar no interior do ambiente, se comparar à incidência perpendicular. A questão acústica permanece a mesma do Componente 1a 180°.

Dados do Componente:

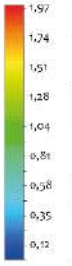
1a
135°



Incidência de vento oblíqua a fachada
Comprimento: 2,60 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,02	0,11	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,10	0,07	0,09	0,10	0,03	0,08	0,05	0,09	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,04	0,10	0,11	0,06	0,04	0,07	0,06	0,08	0,07

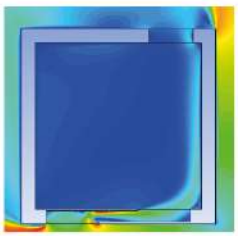
METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,41 m³/s
Número de Renovações/hora = 61

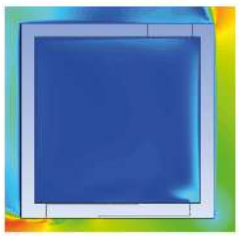
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,31 m³/s
Número de Renovações/hora = 46

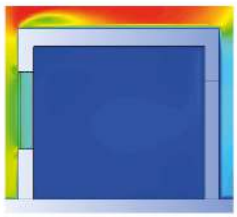
Plano 1
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,03



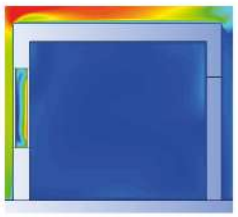
Plano 2
Velocidade do ar: 0,08 m/s
Desvio padrão 0,03



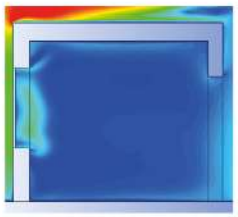
Plano 3
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,02



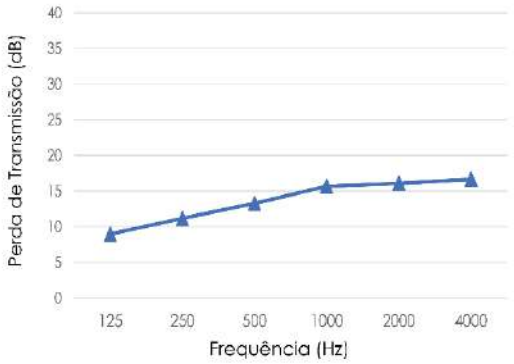
Plano 4
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,02

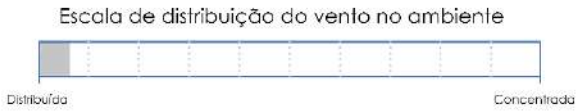


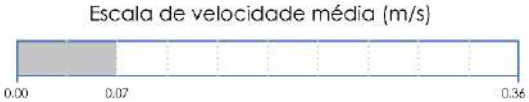
Plano 5
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,03



Plano 6
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,02





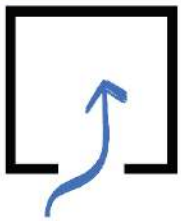


Considerações:

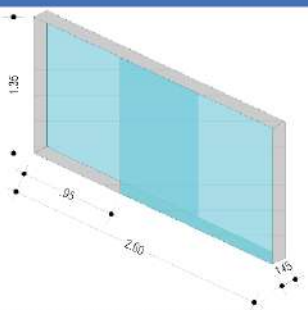
O sentido do fluxo na câmara do componente é contrário àquele que incide na fachada, provocando uma clara redução na velocidade do vento no ambiente e na abertura. A questão acústica permanece a mesma do Componente 1a 180°.

Dados do Componente:

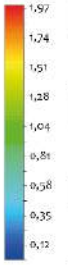
1b
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 2,60 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,05	0,06	0,09	0,12	0,08	0,07	0,14	0,15
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,22	0,13	0,15	0,11	0,06	0,10	0,08	0,08	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,12	0,23	0,10	0,03	0,07	0,15	0,10	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,57 m³/s
Número de Renovações/hora = 84

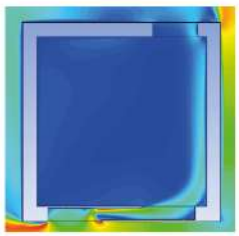
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,65 m³/s
Número de Renovações/hora = 96

Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

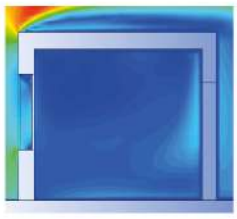
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

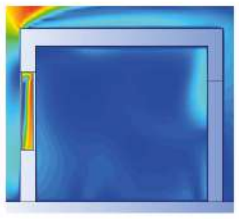
Desvio padrão 0,06



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

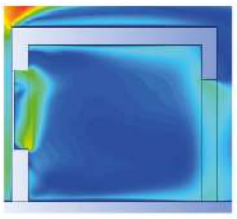
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

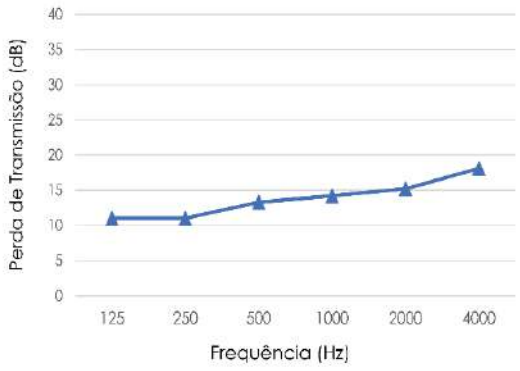
Desvio padrão 0,04

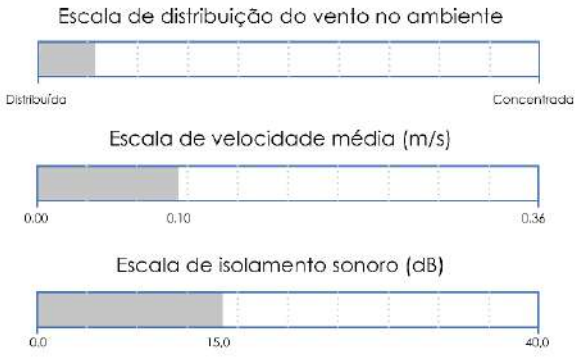


Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,06





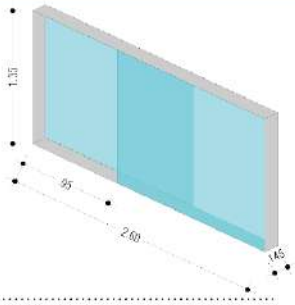
Considerações:

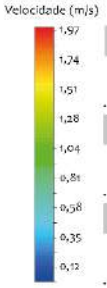
O vento entra no ambiente contornando a parede da direita, fazendo com que na parte central tenha uma ventilação com baixa velocidade. Do ponto de vista acústico, o componente apresenta um R_w de 15 dB e de 13,2 dB para o espectro de tráfego viário.

1b
225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua a fachada
Comprimento: 2,60 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





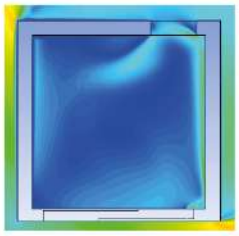
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,14	0,18	0,08	0,20	0,04	0,13	0,14	0,18	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,20	0,16	0,16	0,18	0,10	0,19	0,12	0,17	0,17
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,11	0,24	0,12	0,16	0,15	0,17	0,17	0,18

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,56 m³/s
Número de Renovações/hora = 84

METODOLOGIA ASHRAE

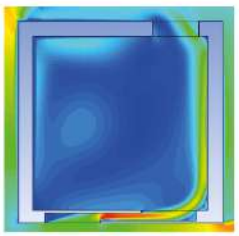
Vazão = 0,43m³/s
Número de Renovações/hora = 64



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

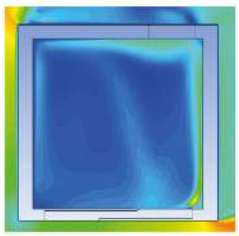
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

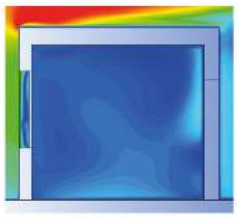
Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,15 m/s

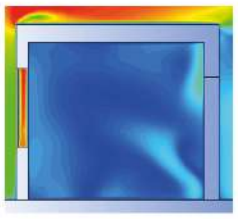
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

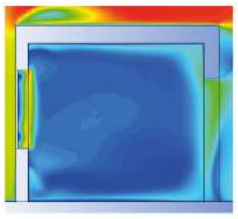
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

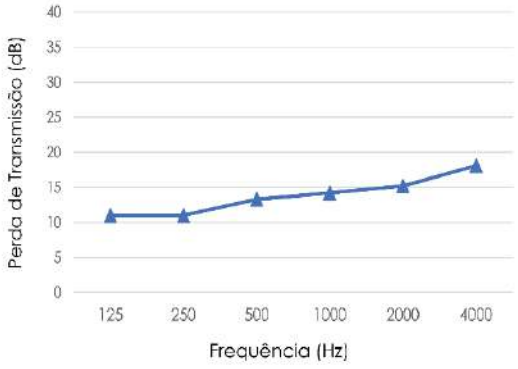
Desvio padrão 0,05

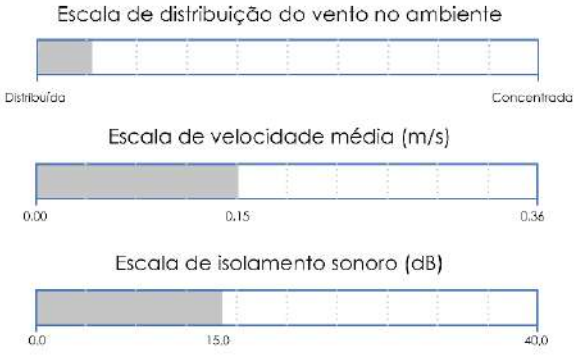


Plano 6

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,05



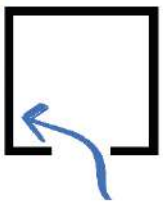


Considerações:

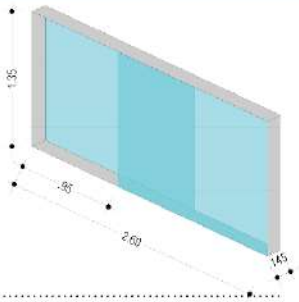
O vento entra no ambiente contornando a parede da direita. O posicionamento das aberturas do componente e da porta em relação à incidência do vento traz maiores velocidades de ar no interior do ambiente, se comparar à incidência perpendicular. A questão acústica permanece a mesma do Componente 1b 180°.

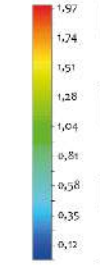
Dados do Componente:

1b
135°



Incidência de vento oblíqua a fachada
Comprimento: 2,60 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,06	0,08	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,09	0,07	0,09	0,06	0,04	0,05	0,08	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,03	0,09	0,09	0,03	0,04	0,07	0,06	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,36 m³/s
Número de Renovações/hora = 53

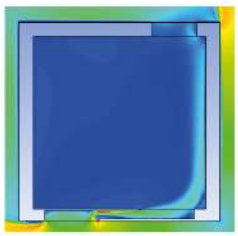
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,27 m³/s
Número de Renovações/hora = 40

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,01



Plano 2

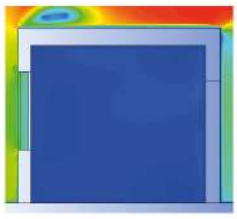
Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 3

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,01

Plano 5

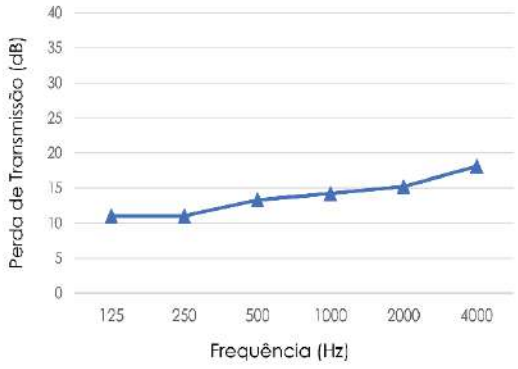
Velocidade do ar: 0,06 m/s

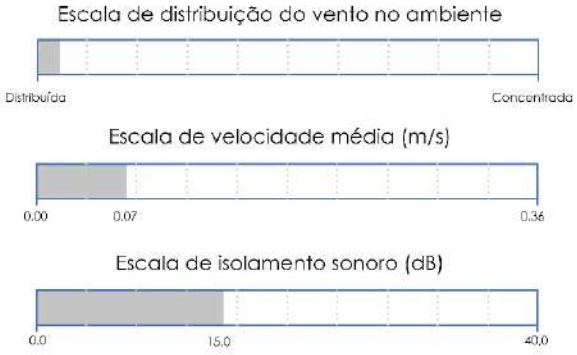
Desvio padrão 0,02

Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02





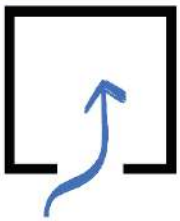
Considerações:

O sentido do fluxo na câmara do componente é contrário àquele que incide na fachada, provocando uma clara redução na velocidade do vento no ambiente e na abertura. A espessura de 0,145 m promove maior distribuição dos fluxos que a de 0,205 m, levando-se em consideração os pontos de controle.

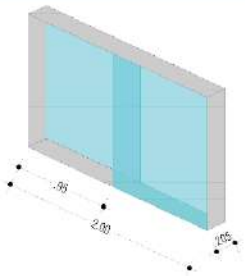
Dados do Componente:

1c

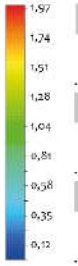
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 2,00 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,13	0,13	0,14	0,11	0,11	0,08	0,20	0,14
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,21	0,18	0,21	0,12	0,10	0,16	0,09	0,15	0,86
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,08	0,10	0,24	0,11	0,08	0,11	0,12	0,11	0,42

METODOLOGIA BRITÂNICA

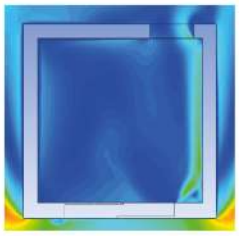
Vazão = 0,74 m³/s

Número de Renovações/hora = 110

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,85 m³/s

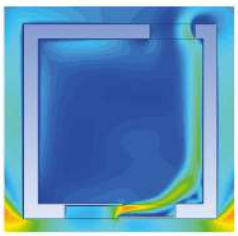
Número de Renovações/hora = 126



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

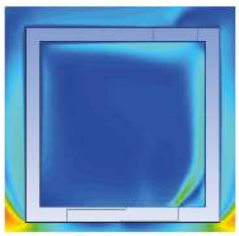
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,23 m/s

Desvio padrão 0,24



Plano 3

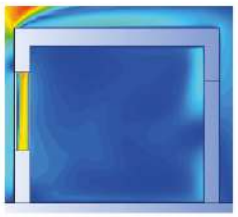
Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

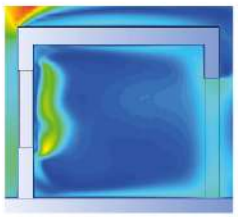
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

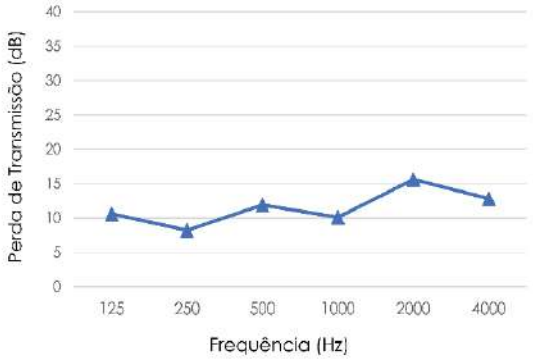
Desvio padrão 0,04

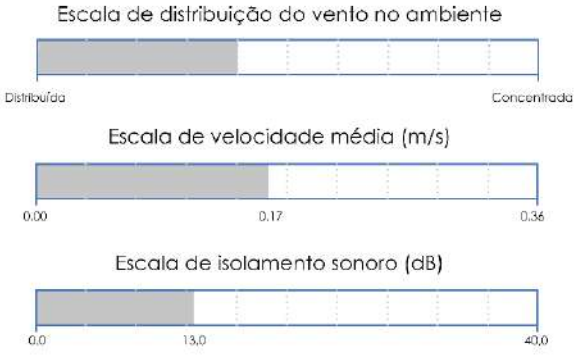


Plano 6

Velocidade do ar: 0,26 m/s

Desvio padrão 0,24





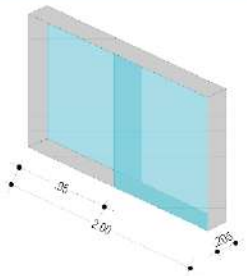
Considerações:

O menor comprimento em relação à janela 1a traz as aberturas mais para o centro da fachada, fazendo com que o fluxo de vento diminua um pouco a zona de baixa velocidade. Do ponto de vista acústico, a aproximação das aberturas reduziu sua eficiência, com R_w de 13 dB e de 11,2 dB para o espectro de tráfego viário.

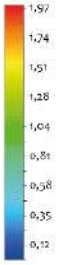
Dados do Componente:

1c
225°

Incidência de vento oblíqua a fachada
Comprimento: 2,00 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



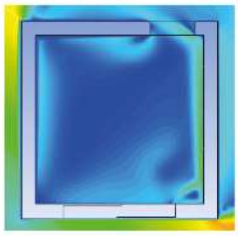
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,15	0,27	0,10	0,18	0,08	0,14	0,15	0,26	0,25
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,33	0,10	0,18	0,19	0,10	0,24	0,15	0,19	1,14
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,23	0,31	0,11	0,06	0,16	0,17	0,08	0,21

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,86 m³/s
Número de Renovações/hora = 127

METODOLOGIA ASHRAE

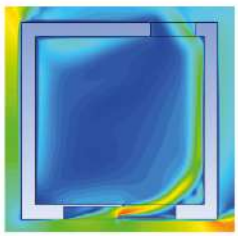
Vazão = 0,65 m³/s
Número de Renovações/hora = 97



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

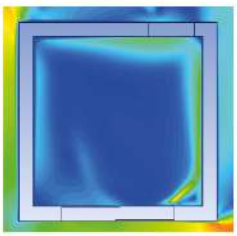
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,29 m/s

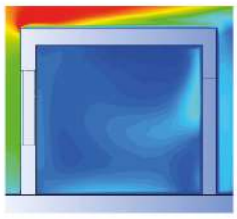
Desvio padrão 0,33



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

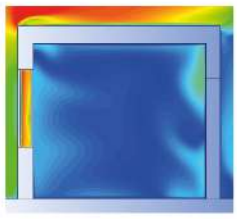
Desvio padrão 0,08



Plano 4

Velocidade do ar: 0,17 m/s

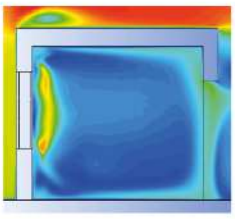
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,15 m/s

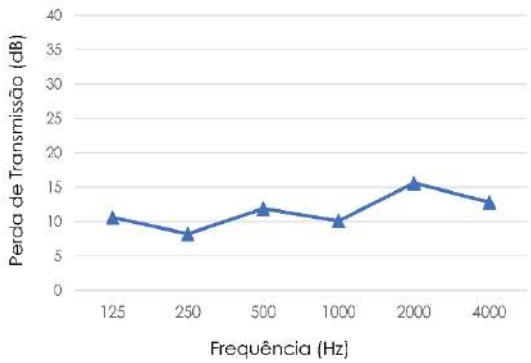
Desvio padrão 0,08

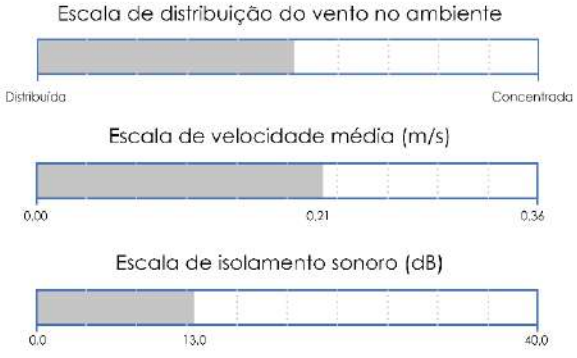


Plano 6

Velocidade do ar: 0,30 m/s

Desvio padrão 0,32





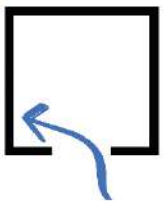
Considerações:

O posicionamento das aberturas do componente e da porta em relação à incidência do vento traz maiores velocidades de ar no interior do ambiente, se comparar à incidência perpendicular. É possível encontrar valores de até 1,14 m/s, o que torna a distribuição mais concentrada. A questão acústica é a mesma do Componente 1c 180°.

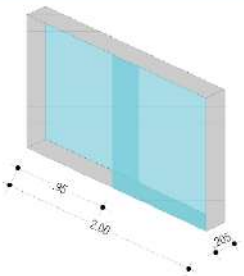
Dados do Componente:

1c

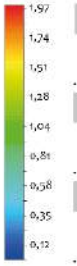
135°



Incidência de vento oblíqua a fachada
Comprimento: 2,00 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



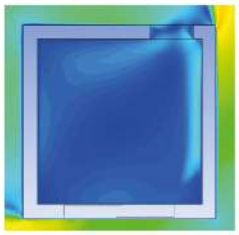
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,16	0,24	0,13	0,15	0,02	0,13	0,09	0,16	0,15
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,15	0,21	0,17	0,05	0,21	0,12	0,16	0,92
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,09	0,22	0,16	0,02	0,17	0,12	0,16	0,62

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16

METODOLOGIA ASHRAE

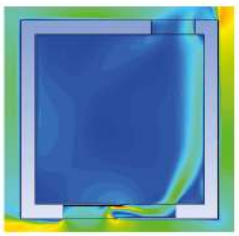
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

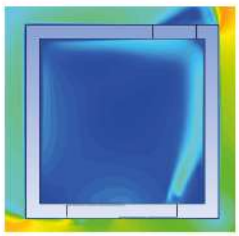
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,23 m/s

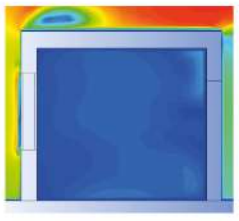
Desvio padrão 0,26



Plano 3

Velocidade do ar: 0,19 m/s

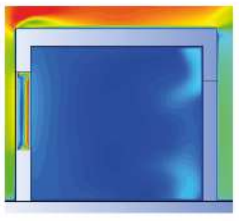
Desvio padrão 0,17



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

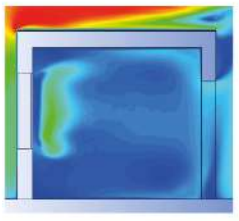
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

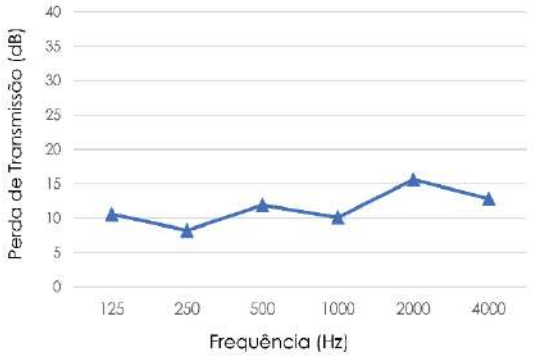
Desvio padrão 0,08

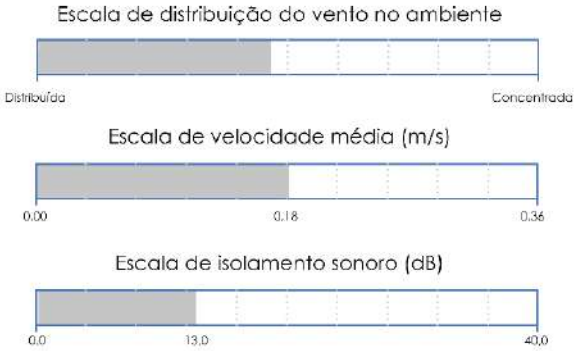


Plano 6

Velocidade do ar: 0,31 m/s

Desvio padrão 0,28





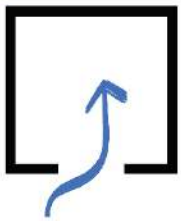
Considerações:

Apesar do sentido do fluxo na câmara do componente ser contrário àquele que incide na fachada, nesse caso a redução da velocidade não fica tão evidente, levando-se em consideração que a mesma janela com incidência perpendicular apresentou velocidades menores nos pontos de controle.

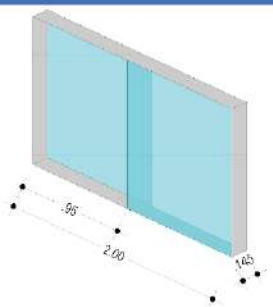
Dados do Componente:

1d

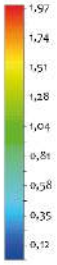
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 2,00 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,14	0,10	0,08	0,06	0,10	0,06	0,17	0,20
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,12	0,09	0,21	0,11	0,08	0,16	0,08	0,11	0,84
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,11	0,09	0,18	0,14	0,05	0,09	0,13	0,12	0,52

METODOLOGIA BRITÂNICA

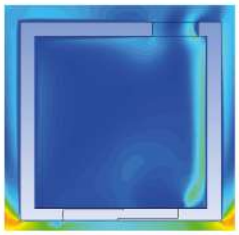
Vazão = 0,44 m³/s

Número de Renovações/hora = 65

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,50 m³/s

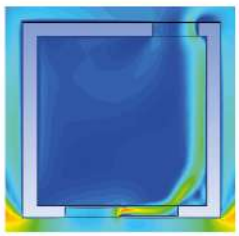
Número de Renovações/hora = 74



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

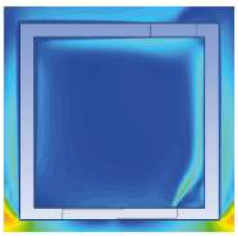
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,20 m/s

Desvio padrão 0,24



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,14

Plano 4

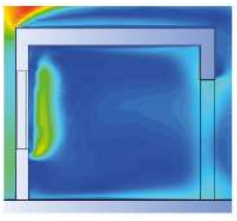
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

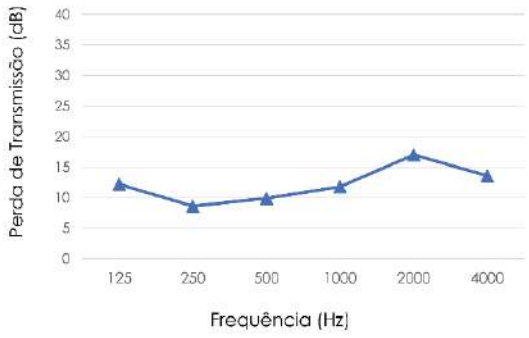
Desvio padrão 0,04

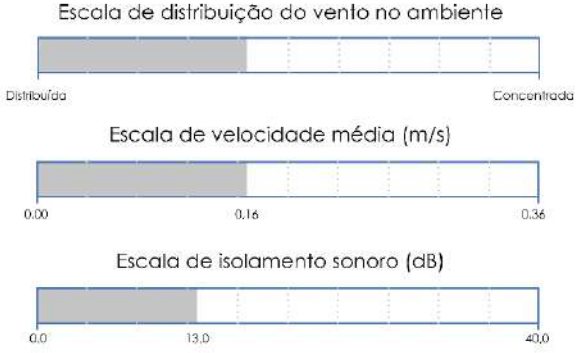


Plano 6

Velocidade do ar: 0,27 m/s

Desvio padrão 0,25





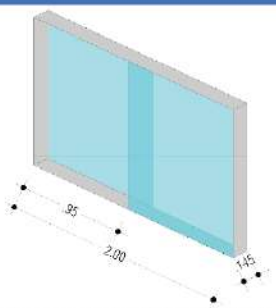
Considerações:

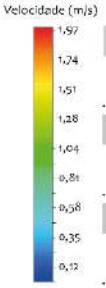
A redução da espessura da câmara, em relação ao componente 1c, provoca uma ampliação da zona de baixa velocidade. Do ponto de vista acústico, esse componente apresenta o mesmo R_w do componente 1c, de 13 dB e de 11,7 dB para o espectro de tráfego viário.

1d
225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,00 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





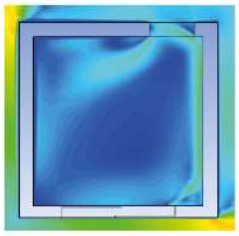
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,17	0,52	0,10	0,26	0,09	0,20	0,17	0,24	0,29
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,28	0,23	0,26	0,30	0,05	0,28	0,19	0,19	0,84
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,09	0,19	0,16	0,12	0,20	0,15	0,26	0,23

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,47 m³/s
Número de Renovações/hora = 70

METODOLOGIA ASHRAE

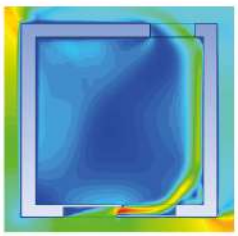
Vazão = 0,36 m³/s
Número de Renovações/hora = 54



Plano 1

Velocidade do ar: 0,23 m/s

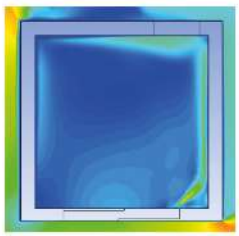
Desvio padrão 0,13



Plano 2

Velocidade do ar: 0,29 m/s

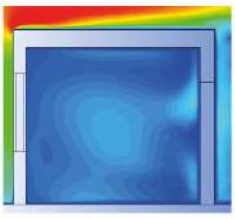
Desvio padrão 0,22



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

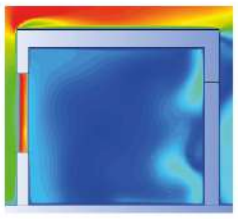
Desvio padrão 0,06



Plano 4

Velocidade do ar: 0,20 m/s

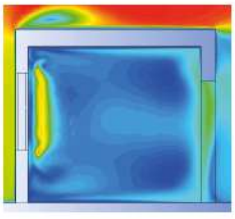
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,20 m/s

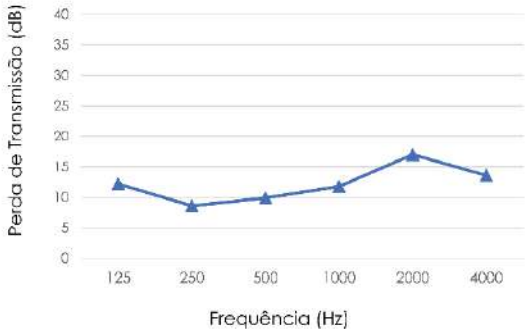
Desvio padrão 0,14

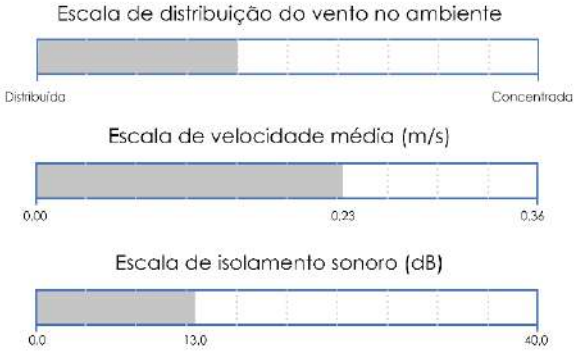


Plano 6

Velocidade do ar: 0,29 m/s

Desvio padrão 0,21



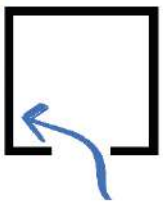


Considerações:

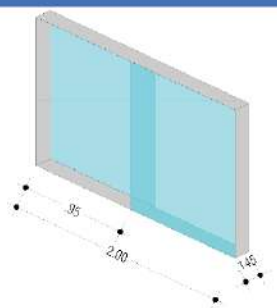
Para esta incidência, a redução da espessura da câmara contribuiu tanto para maiores valores de velocidade do ar, quanto para a questão de controle de ruído. A distribuição do vento do ambiente também foi melhor, com pontos de velocidade mais alta em todos os planos.

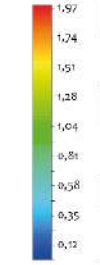
Dados do Componente:

1d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,00 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,95 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





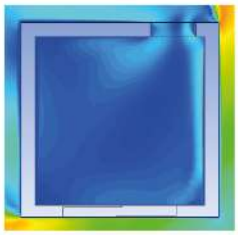
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,27	0,07	0,14	0,08	0,10	0,10	0,15	0,18
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,15	0,20	0,17	0,17	0,02	0,19	0,11	0,14	0,89
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,09	0,22	0,15	0,04	0,15	0,14	0,16	0,66

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,15 m³/s
Número de Renovações/hora = 22

METODOLOGIA ASHRAE

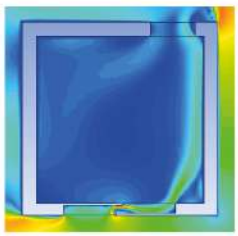
Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 17



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

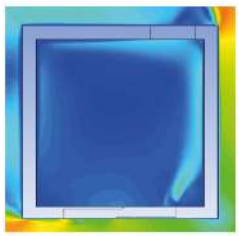
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,23 m/s

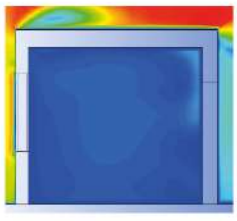
Desvio padrão 0,25



Plano 3

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,18



Plano 4

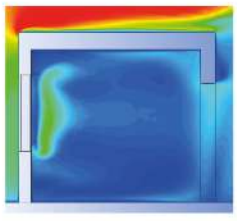
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

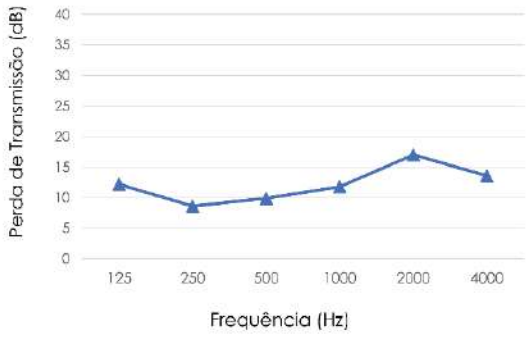
Desvio padrão 0,08

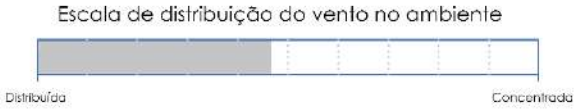


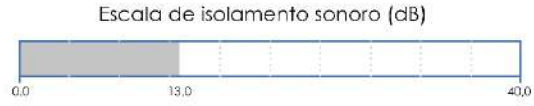
Plano 6

Velocidade do ar: 0,29 m/s

Desvio padrão 0,28







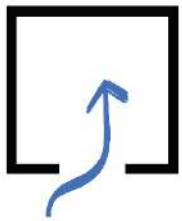
Considerações:

Apesar do sentido do fluxo na câmara ser contrário àquele que incide na fachada, a mesma janela com incidência de vento perpendicular apresentou velocidades menores. A diminuição da espessura da câmara também não proporcionou mudanças significativas para essa incidência. A questão acústica permanece a mesma do 1d 180°.

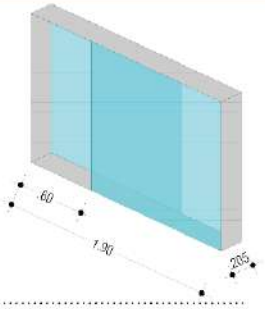
Dados do Componente:

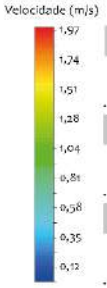
1e

180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,90 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,10	0,09	0,12	0,06	0,08	0,09	0,14	0,27
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,21	0,17	0,22	0,10	0,08	0,20	0,09	0,13	1,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,13	0,29	0,10	0,06	0,16	0,13	0,11	0,87

METODOLOGIA BRITÂNICA

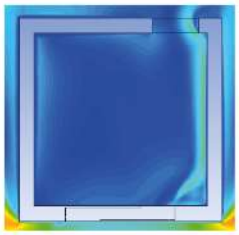
Vazão = 0,59 m³/s

Número de Renovações/hora = 87

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,76 m³/s

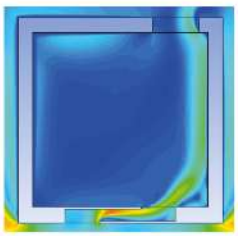
Número de Renovações/hora = 112



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

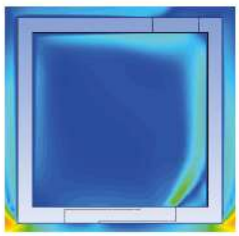
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,25 m/s

Desvio padrão 0,31



Plano 3

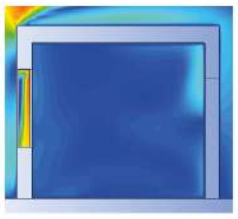
Velocidade do ar: 0,22 m/s

Desvio padrão 0,25

Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

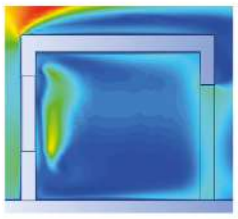
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

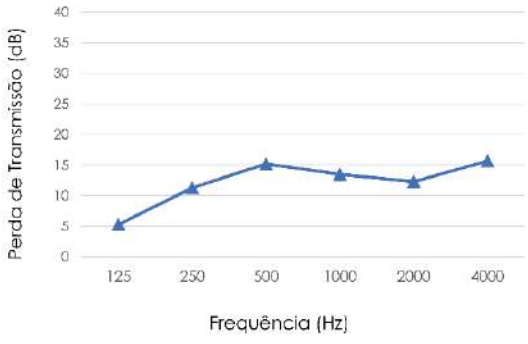
Desvio padrão 0,04

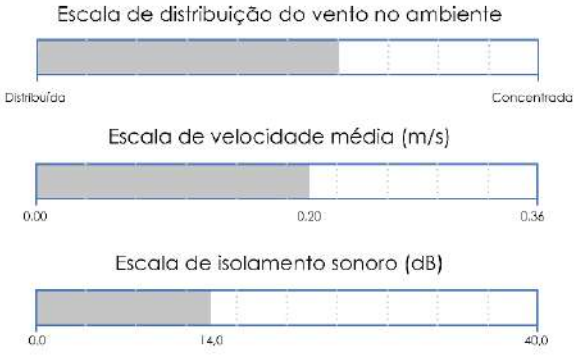


Plano 6

Velocidade do ar: 0,36 m/s

Desvio padrão 0,35





Considerações:

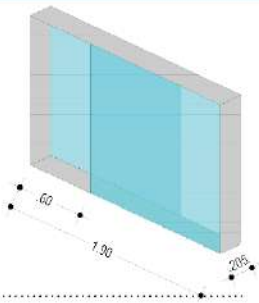
A diminuição das aberturas provoca uma entrada de vento em jato, fazendo com que a ventilação se concentre no plano 6, próximo à parede da direita, não sendo bem distribuído pelo ambiente. Do ponto de vista acústico, o R_w é de 14 dB e de 12,3 dB para o espectro de tráfego viário.

Dados do Componente:

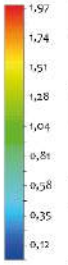
1e

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,90 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



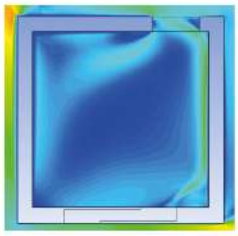
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,14	0,49	0,13	0,28	0,03	0,22	0,19	0,30	0,38
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,36	0,11	0,29	0,25	0,03	0,30	0,17	0,20	1,42
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,25	0,34	0,20	0,16	0,16	0,16	0,28	1,00

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,69 m³/s
Número de Renovações/hora = 103

METODOLOGIA ASHRAE

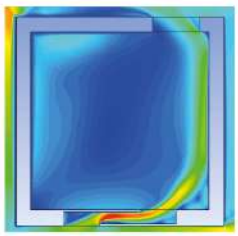
Vazão = 0,60 m³/s
Número de Renovações/hora = 89



Plano 1

Velocidade do ar: 0,24 m/s

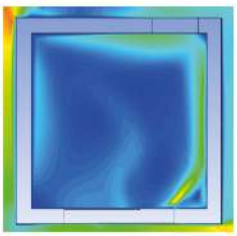
Desvio padrão 0,14



Plano 2

Velocidade do ar: 0,35 m/s

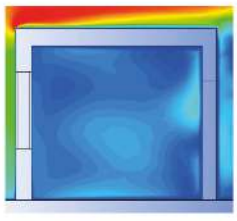
Desvio padrão 0,41



Plano 3

Velocidade do ar: 0,30 m/s

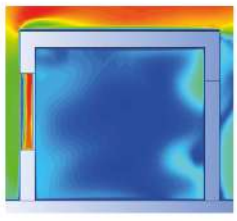
Desvio padrão 0,27



Plano 4

Velocidade do ar: 0,21 m/s

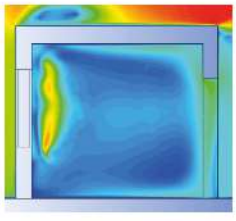
Desvio padrão 0,08



Plano 5

Velocidade do ar: 0,21 m/s

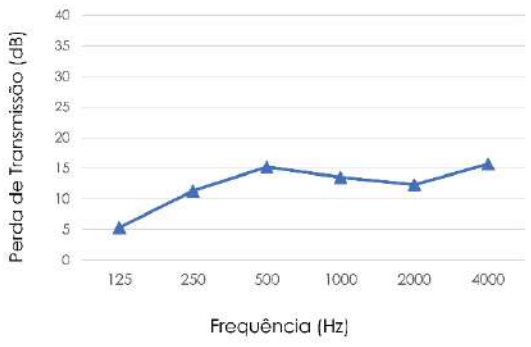
Desvio padrão 0,15

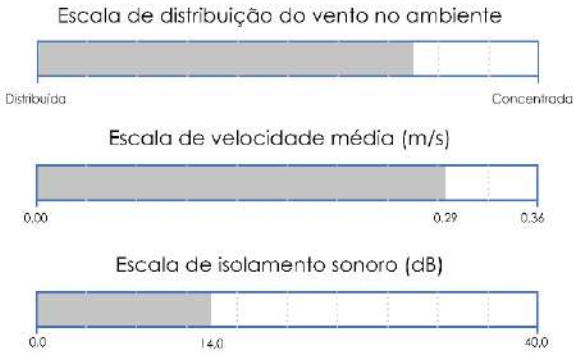


Plano 6

Velocidade do ar: 0,47 m/s

Desvio padrão 0,44



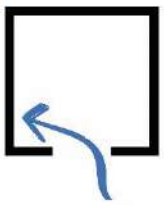


Considerações:

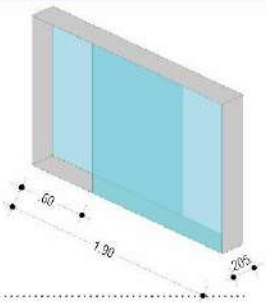
A redução das aberturas e a incidência de vento favorável à direção do fluxo na câmara contribuíram para o aumento da velocidade nos pontos de controle e diminuição da zona central de baixa velocidade, apesar do vento ainda entrar no ambiente em jato. A questão de acústica é a mesma do componente 1e 180°.

Dados do Componente:

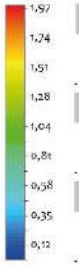
1e
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,90 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



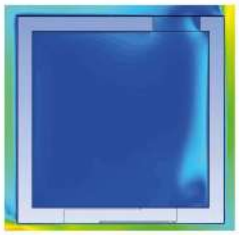
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,14	0,08	0,05	0,03	0,10	0,05	0,10	0,24
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,11	0,09	0,11	0,11	0,09	0,06	0,07	0,71
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,06	0,09	0,12	0,05	0,16	0,11	0,10	0,19

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,43 m³/s
Número de Renovações/hora = 63

METODOLOGIA ASHRAE

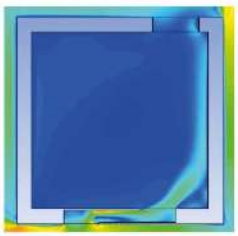
Vazão = 0,36 m³/s
Número de Renovações/hora = 54



Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

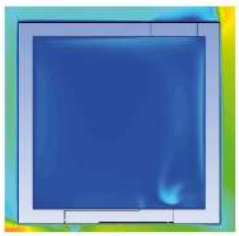
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,21



Plano 3

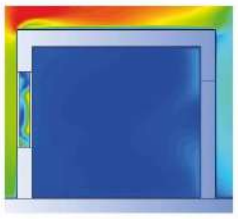
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

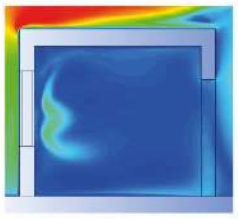
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

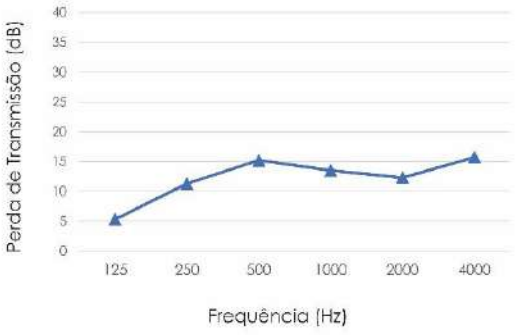
Desvio padrão 0,04

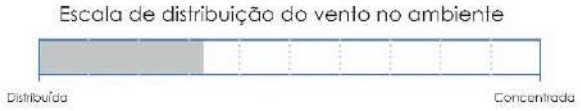


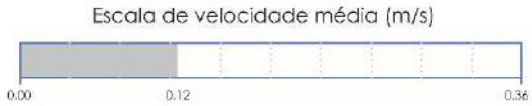
Plano 6

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,20







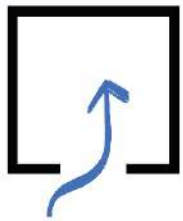
Considerações:

Aqui, o sentido do fluxo contrário ao da câmara reduziu a velocidade no interior do ambiente. A questão acústica permanece a mesma do 1e 180°.

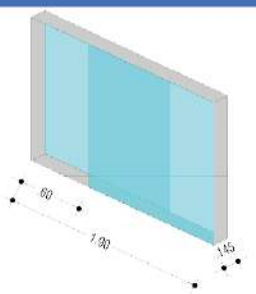
1f

180°

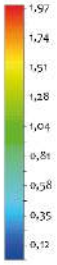
Dados do Componente:



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,90 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6	PC_7	PC_8	PC_9
0,06	0,08	0,07	0,08	0,06	0,10	0,08	0,14	0,32
PC_{10}	PC_{11}	PC_{12}	PC_{13}	PC_{14}	PC_{15}	PC_{16}	PC_{17}	PC_{18}
0,18	0,11	0,17	0,11	0,07	0,16	0,08	0,08	1,00
PC_{19}	PC_{20}	PC_{21}	PC_{22}	PC_{23}	PC_{24}	PC_{25}	PC_{26}	PC_{27}
0,08	0,12	0,23	0,11	0,01	0,07	0,12	0,11	0,63

METODOLOGIA BRITÂNICA

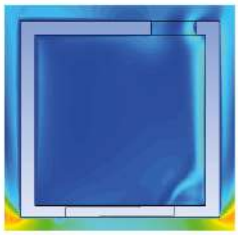
Vazão = 0,50 m³/s

Número de Renovações/hora = 74

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,65 m³/s

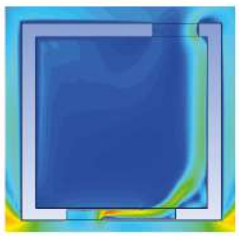
Número de Renovações/hora = 96



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

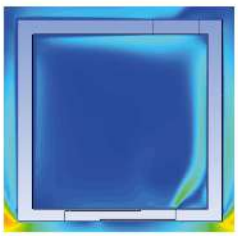
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,22 m/s

Desvio padrão 0,30



Plano 3

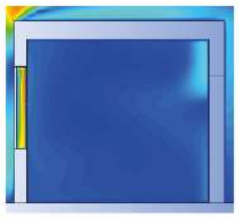
Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,18

Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

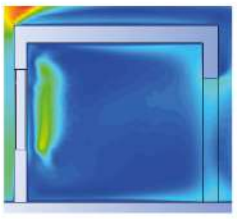
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

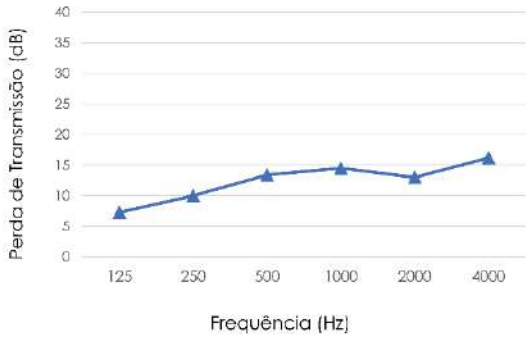
Desvio padrão 0,04

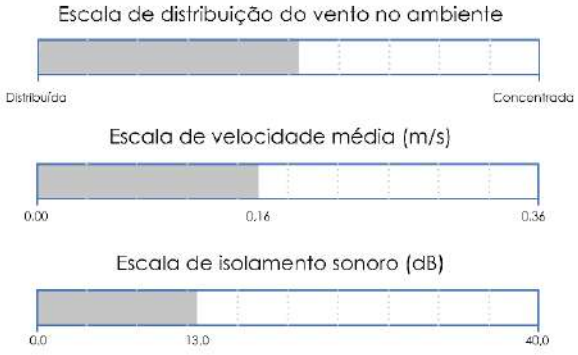


Plano 6

Velocidade do ar: 0,31 m/s

Desvio padrão 0,31





Considerações:

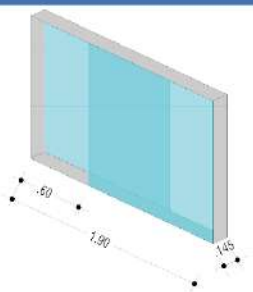
A redução da espessura, nesse caso, reduziu um pouco os valores de velocidade no interior do ambiente. Do ponto de vista acústico, o R_w é de 13 dB. Para o espectro de frequência do tráfego viário, é proporcionada uma perda de transmissão de 12,3 dB.

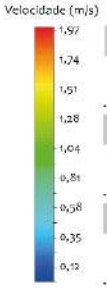
1f

225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,90 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





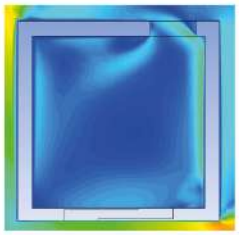
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,32	0,12	0,22	0,04	0,19	0,14	0,24	0,27
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,32	0,20	0,21	0,22	0,05	0,23	0,14	0,17	1,24
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,16	0,22	0,13	0,09	0,15	0,11	0,22	0,45

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,50 m³/s
Número de Renovações/hora = 74

METODOLOGIA ASHRAE

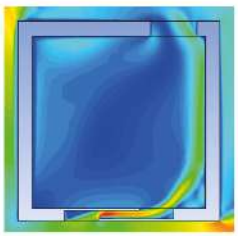
Vazão = 0,43 m³/s
Número de Renovações/hora = 63



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

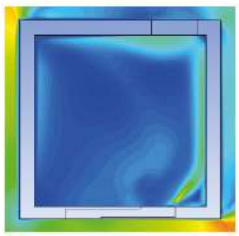
Desvio padrão 0,09



Plano 2

Velocidade do ar: 0,31 m/s

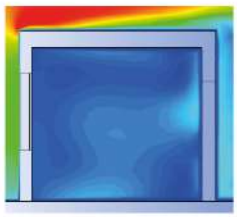
Desvio padrão 0,36



Plano 3

Velocidade do ar: 0,18 m/s

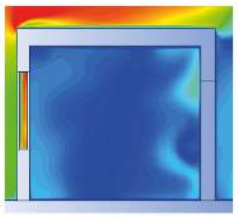
Desvio padrão 0,11



Plano 4

Velocidade do ar: 0,16 m/s

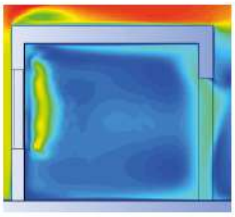
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,17 m/s

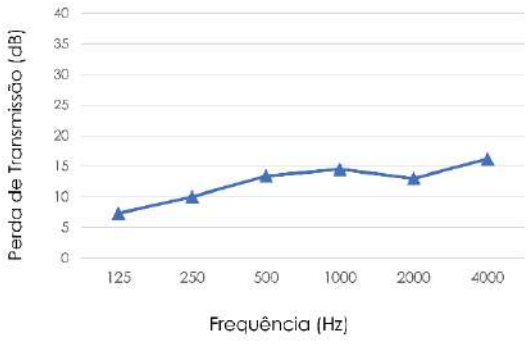
Desvio padrão 0,09

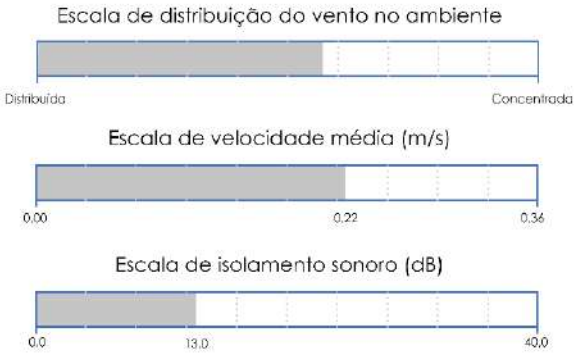


Plano 6

Velocidade do ar: 0,34 m/s

Desvio padrão 0,35



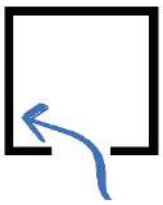


Considerações:

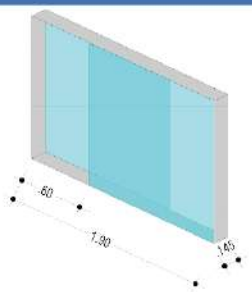
Como em todos os outros componentes da tipologia 1, a posição das aberturas de entrada coincide com a incidência do vento, favorecendo o aumento da velocidade do ar em comparação às outras incidências. A questão de acústica é a mesma do componente 1f 180°.

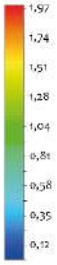
1f
135°

Dados do Componente:



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,90 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





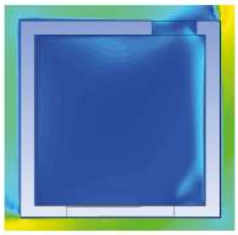
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,20	0,10	0,09	0,01	0,10	0,08	0,10	0,24
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,12	0,12	0,13	0,02	0,14	0,07	0,09	0,67
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,06	0,15	0,12	0,03	0,11	0,09	0,12	0,35

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,28 m³/s
Número de Renovações/hora = 42

METODOLOGIA ASHRAE

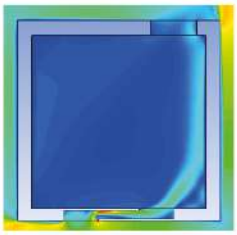
Vazão = 0,24 m³/s
Número de Renovações/hora = 36



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

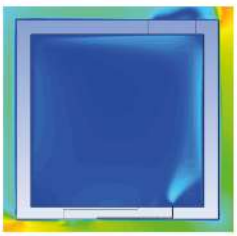
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,19



Plano 3

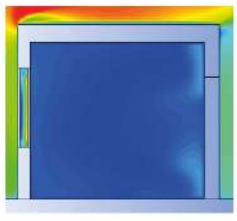
Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,09

Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

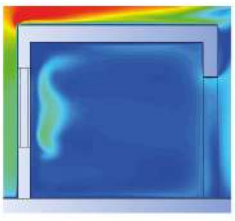
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,08 m/s

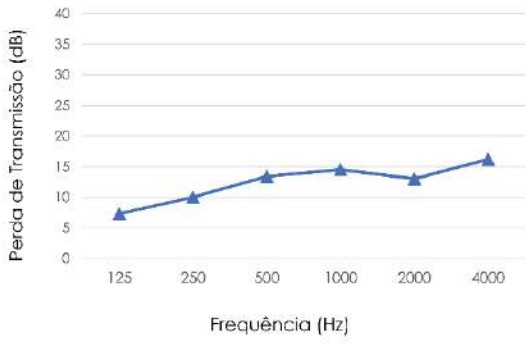
Desvio padrão 0,06

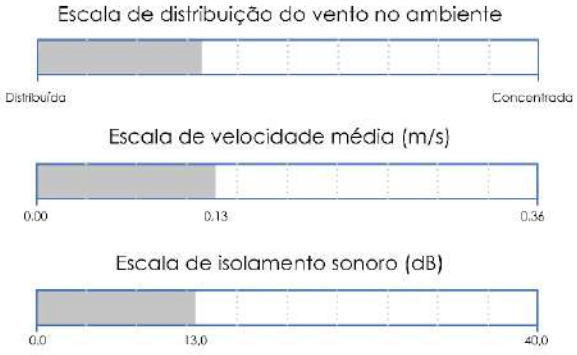


Plano 6

Velocidade do ar: 0,22 m/s

Desvio padrão 0,19



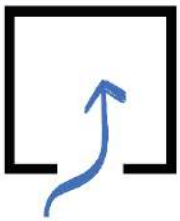


Considerações:

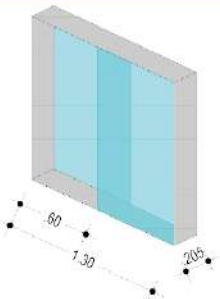
Mais uma vez, a incidência de vento prejudicou a entrada de vento no ambiente, provocando uma grande zona central de baixa velocidade. A questão acústica permanece a mesma do 1f180°.

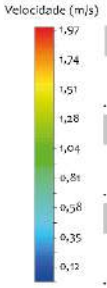
Dados do Componente:

1g
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,30 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,02	0,10	0,13	0,10	0,10	0,07	0,21	0,68
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,17	0,14	0,10	0,07	0,13	0,09	0,17	0,82
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,19	0,04	0,07	0,11	0,08	0,10	0,64

METODOLOGIA BRITÂNICA

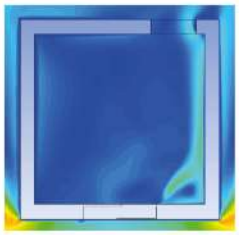
Vazão = 0,70 m³/s

Número de Renovações/hora = 103

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,90 m³/s

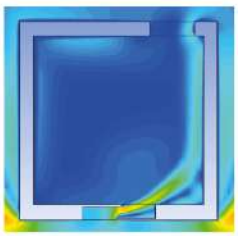
Número de Renovações/hora = 133



Plano 1

Velocidade do ar: 0,17 m/s

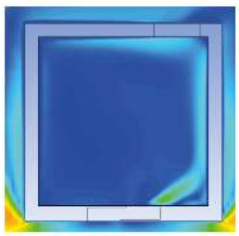
Desvio padrão 0,20



Plano 2

Velocidade do ar: 0,21 m/s

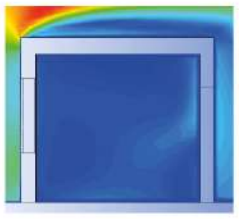
Desvio padrão 0,23



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

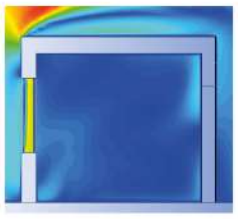
Desvio padrão 0,19



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

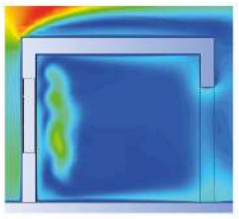
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

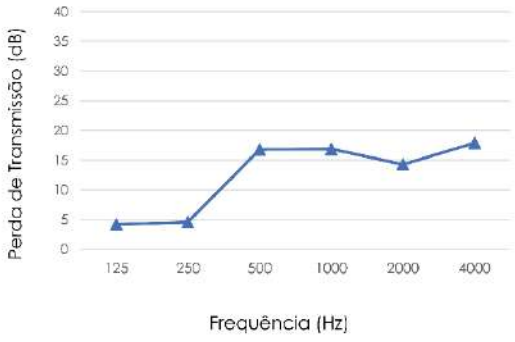
Desvio padrão 0,06

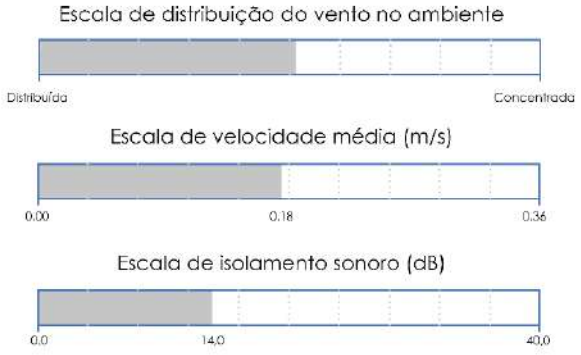


Plano 6

Velocidade do ar: 0,33 m/s

Desvio padrão 0,30





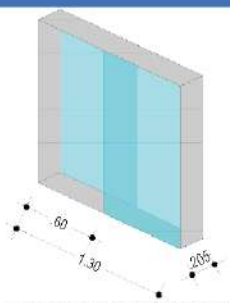
Considerações:

A aproximação das aberturas de 0,60 m fez com que a entrada de vento ocorresse em forma de jato, contornando novamente a parede do lado direito e reduzindo a velocidade nos pontos de controle. Acusticamente, o sistema promoveu um Rw de 14 dB, com PT de 10,9 dB para o espectro de tráfego.

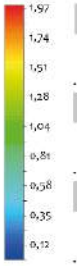
Dados do Componente:

1g
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,30 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



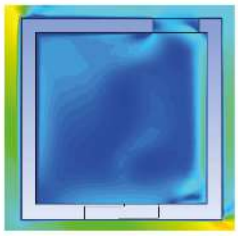
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,28	0,27	0,09	0,19	0,04	0,10	0,14	0,19	0,29
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,21	0,15	0,11	0,09	0,14	0,16	0,19	0,58
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,22	0,09	0,10	0,13	0,04	0,10	0,66

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,67 m³/s
Número de Renovações/hora = 100

METODOLOGIA ASHRAE

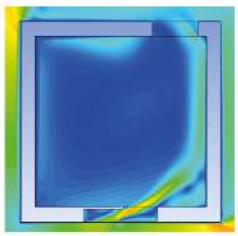
Vazão = 0,58 m³/s
Número de Renovações/hora = 85



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

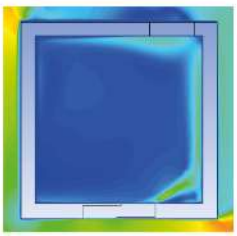
Desvio padrão 0,09



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

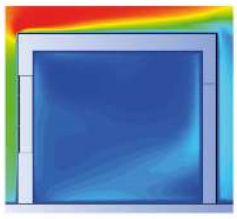
Desvio padrão 0,15



Plano 3

Velocidade do ar: 0,17 m/s

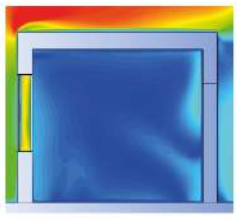
Desvio padrão 0,19



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

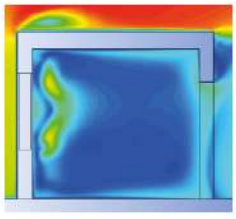
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

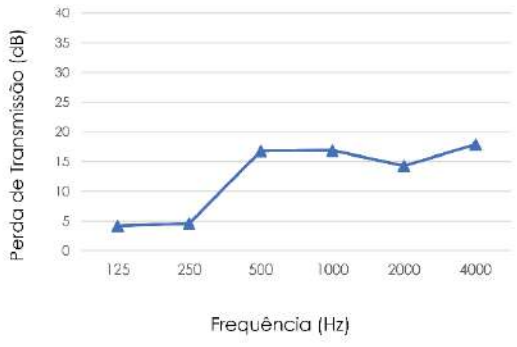
Desvio padrão 0,07

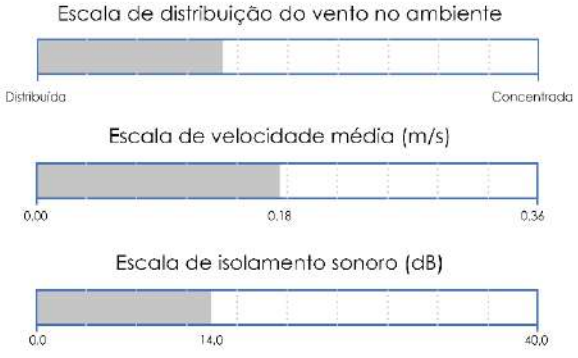


Plano 6

Velocidade do ar: 0,26 m/s

Desvio padrão 0,21



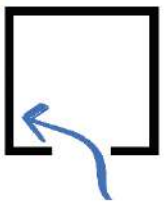


Considerações:

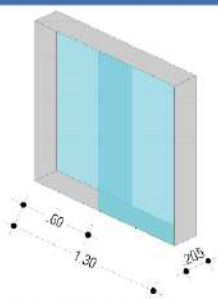
Nesse caso, a incidência do vento a 225° não provocou diferença na velocidade média quando comparado à incidência perpendicular à fachada, a diferença é que aqui as velocidades ficaram mais distribuídas nos pontos de controle. A questão de acústica é a mesma do componente 1g 180°.

Dados do Componente:

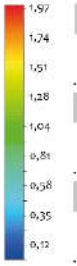
1g
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,30 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,20	0,16	0,12	0,01	0,25	0,08	0,11	0,18
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,15	0,15	0,14	0,06	0,18	0,10	0,13	0,26
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,12	0,16	0,15	0,02	0,18	0,10	0,13	0,18

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,28 m³/s
Número de Renovações/hora = 42

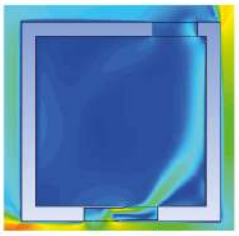
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,24 m³/s
Número de Renovações/hora = 36

Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

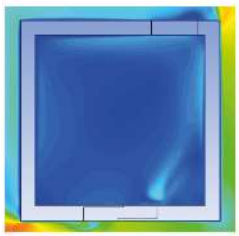
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 3

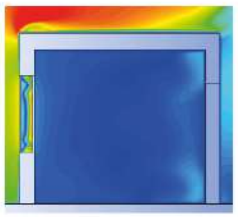
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

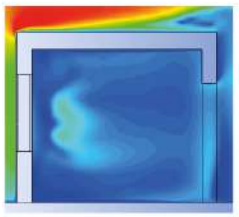
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

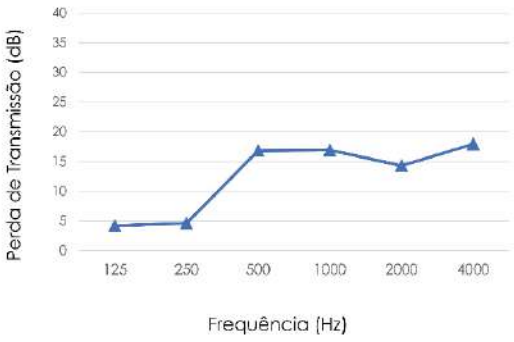
Desvio padrão 0,06

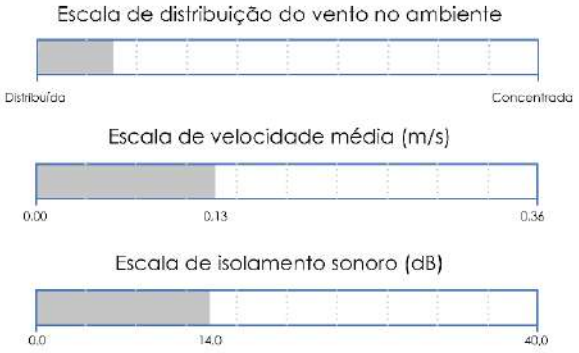


Plano 6

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,04





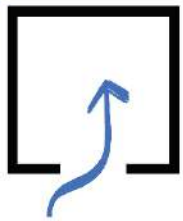
Considerações:

A incidência, por ser contrária ao sentido do fluxo entre as aberturas, fez com que o vento perdesse velocidade ao entrar no ambiente, provocando uma grande zona central de baixa velocidade, como na maioria dos casos da Tipologia 1 que possuem esta incidência. A questão acústica permanece a mesma do componente 1g180°.

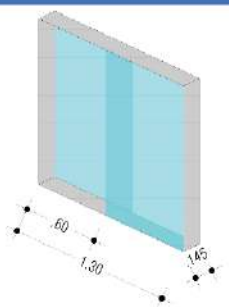
Dados do Componente:

1h

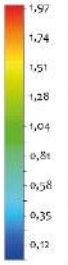
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,30 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,06	0,09	0,13	0,07	0,13	0,08	0,13	0,75
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,09	0,16	0,12	0,08	0,17	0,07	0,11	0,82
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,15	0,16	0,19	0,11	0,01	0,08	0,10	0,12	0,62

METODOLOGIA BRITÂNICA

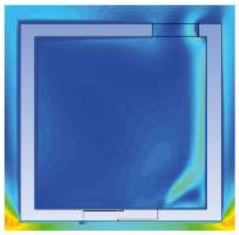
Vazão = 0,51 m³/s

Número de Renovações/hora = 75

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,65 m³/s

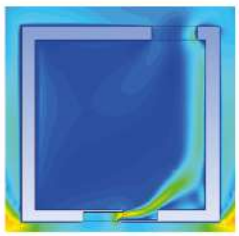
Número de Renovações/hora = 97



Plano 1

Velocidade do ar: 0,17 m/s

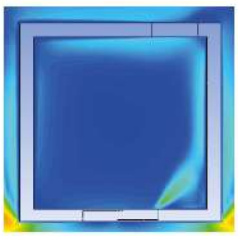
Desvio padrão 0,22



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,24



Plano 3

Velocidade do ar: 0,17 m/s

Desvio padrão 0,18

Plano 4

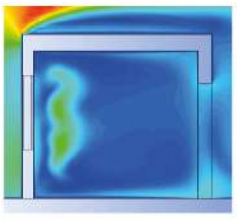
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 5

Velocidade do ar: 0,18 m/s

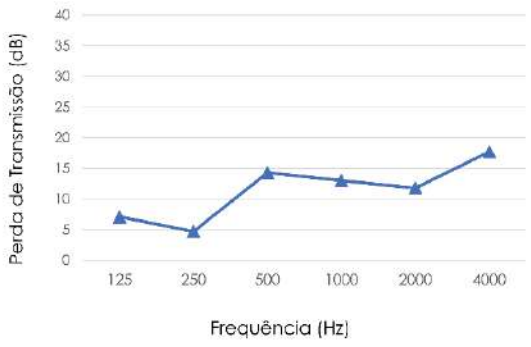
Desvio padrão 0,28

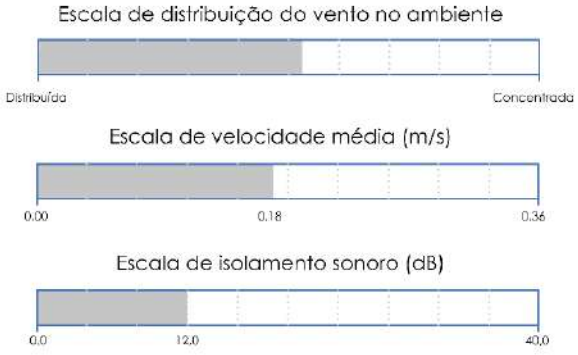


Plano 6

Velocidade do ar: 0,33 m/s

Desvio padrão 0,30





Considerações:

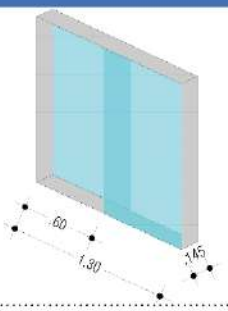
O vento entra em jato no ambiente. Apesar da velocidade de entrada ser alta, com velocidades 0,75, 0,82 e 0,62 m/s nos pontos de controle 9, 18 e 27, respectivamente, essa velocidade não é alta suficiente para fazer com que o vento se distribua pelo ambiente. Acusticamente, o R_w é de 12 dB, com PT de 11,3 dB para o tráfego viário.

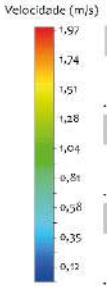
Dados do Componente:

1h

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,30 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





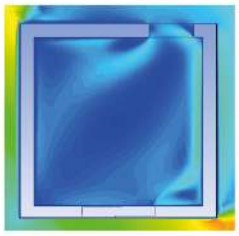
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,37	0,12	0,21	0,02	0,21	0,13	0,19	0,57
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,13	0,23	0,25	0,05	0,22	0,17	0,15	0,64
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,15	0,18	0,11	0,05	0,15	0,10	0,21	0,67

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,54 m³/s
Número de Renovações/hora = 80

METODOLOGIA ASHRAE

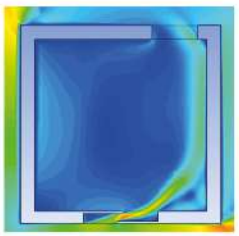
Vazão = 0,46 m³/s
Número de Renovações/hora = 68



Plano 1

Velocidade do ar: 0,21 m/s

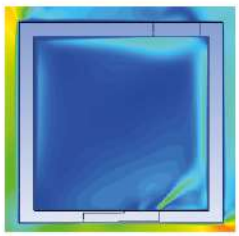
Desvio padrão 0,17



Plano 2

Velocidade do ar: 0,22 m/s

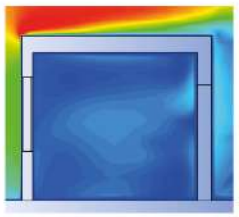
Desvio padrão 0,17



Plano 3

Velocidade do ar: 0,19 m/s

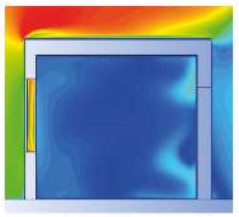
Desvio padrão 0,19



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

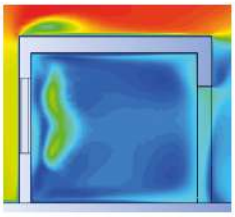
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,15 m/s

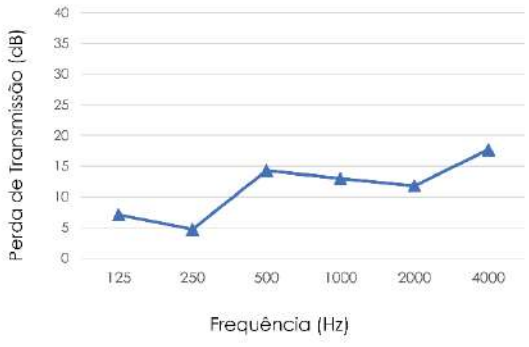
Desvio padrão 0,11

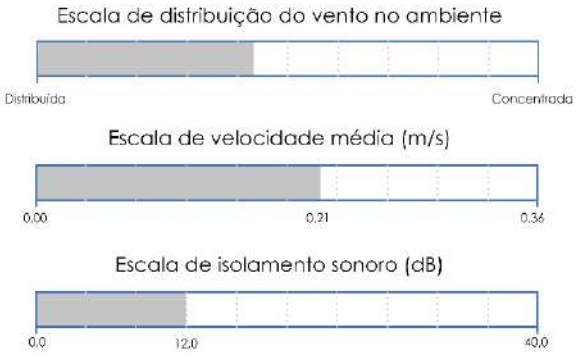


Plano 6

Velocidade do ar: 0,33 m/s

Desvio padrão 0,22





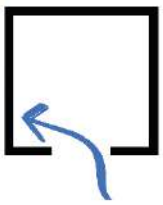
Considerações:

O jato de vento entra no ambiente bastante inclinado, encontrando a parede da direita com uma velocidade ainda relativamente alta, o que provoca uma difusão do vento pelo ambiente, sendo possível encontrar velocidades mais altas na parte mais central, em comparação a outros componentes.

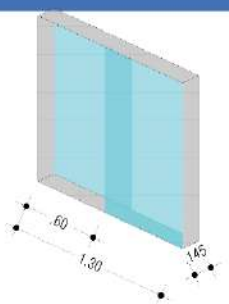
Dados do Componente:

1h

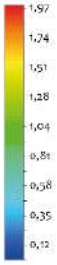
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,30 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,60 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,11	0,14	0,07	0,10	0,01	0,06	0,07	0,10	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,10	0,12	0,12	0,06	0,25	0,08	0,08	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,10	0,17	0,06	0,05	0,10	0,06	0,11	0,28

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 25

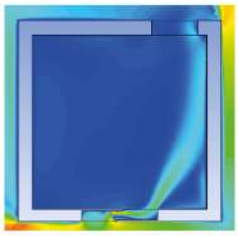
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,06

Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 4

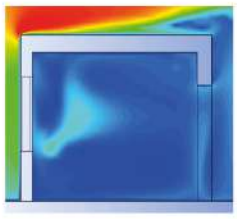
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 5

Velocidade do ar: 0,08 m/s

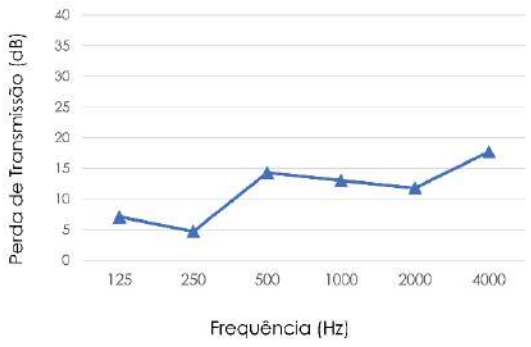
Desvio padrão 0,04

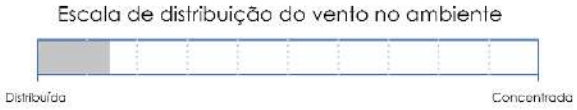


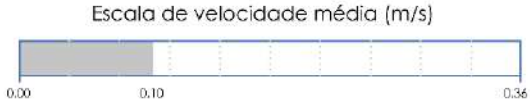
Plano 6

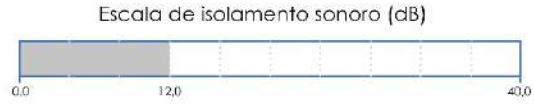
Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,08









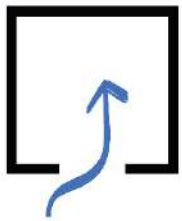
Considerações:

Com exceção do jato de vento que aparece no plano 2, que ventila o canto inferior direito, no restante do ambiente existe uma grande zona de baixa velocidade de vento, resultando em uma velocidade média de 0,10 m/s.

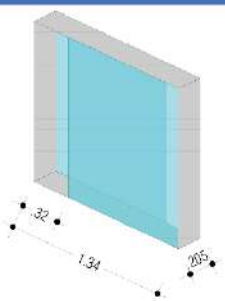
1i

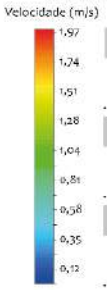
180°

Dados do Componente:



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,34 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,24	0,12	0,14	0,11	0,14	0,10	0,17	0,33
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,18	0,20	0,36	0,16	0,03	0,46	0,12	0,15	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,16	0,20	0,35	0,13	0,09	0,29	0,14	0,17	0,65

METODOLOGIA BRITÂNICA

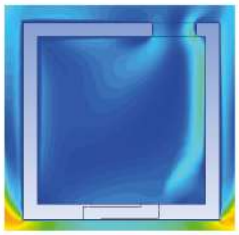
Vazão = 0,35 m³/s

Número de Renovações/hora = 51

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,45 m³/s

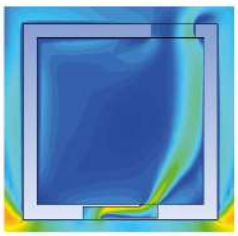
Número de Renovações/hora = 67



Plano 1

Velocidade do ar: 0,16 m/s

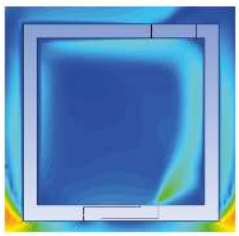
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

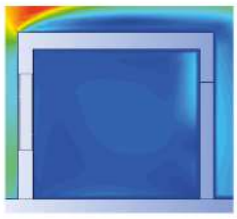
Desvio padrão 0,13



Plano 3

Velocidade do ar: 0,24 m/s

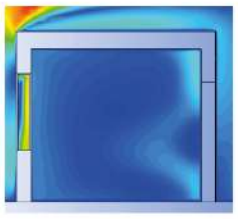
Desvio padrão 0,17



Plano 4

Velocidade do ar: 0,14 m/s

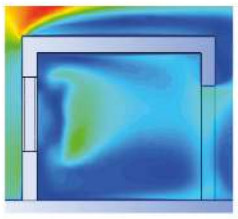
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,15 m/s

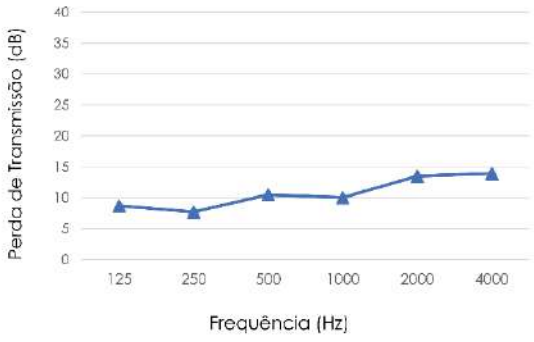
Desvio padrão 0,06

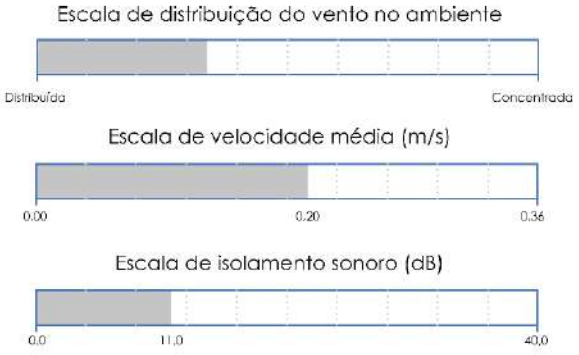


Plano 6

Velocidade do ar: 0,31 m/s

Desvio padrão 0,19





Considerações:

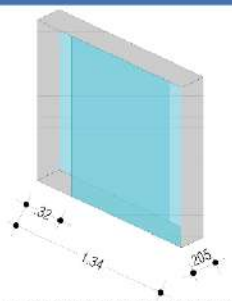
O distanciamento entre as aberturas fez com que o fluxo de vento alcançasse melhor os outros planos do avaliados. Em relação ao controle de ruídos, o componente proporcionou um R_w de 11 dB e uma atenuação de 10,9 dB para o espectro de frequência do tráfego viário.

1i

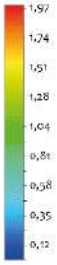
225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,34 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



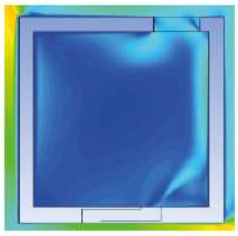
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,26	0,14	0,16	0,03	0,11	0,10	0,15	0,26
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,20	0,10	0,35	0,10	0,06	0,41	0,07	0,14	0,21
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,19	0,27	0,10	0,02	0,10	0,10	0,12	0,75

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,30 m³/s
Número de Renovações/hora = 44

METODOLOGIA ASHRAE

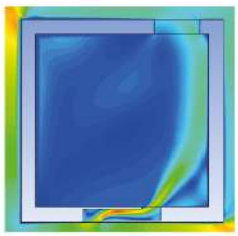
Vazão = 0,26 m³/s
Número de Renovações/hora = 38



Plano 1

Velocidade do ar: 0,15 m/s

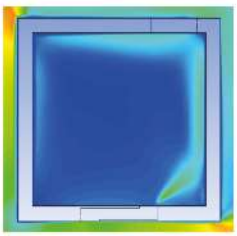
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,18 m/s

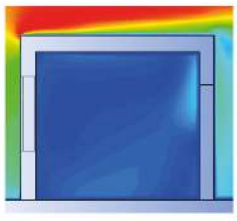
Desvio padrão 0,12



Plano 3

Velocidade do ar: 0,20 m/s

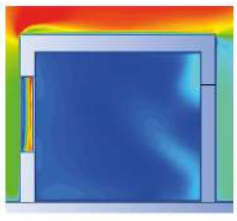
Desvio padrão 0,22



Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

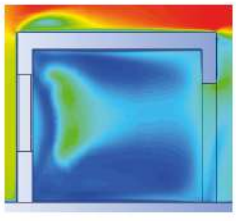
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

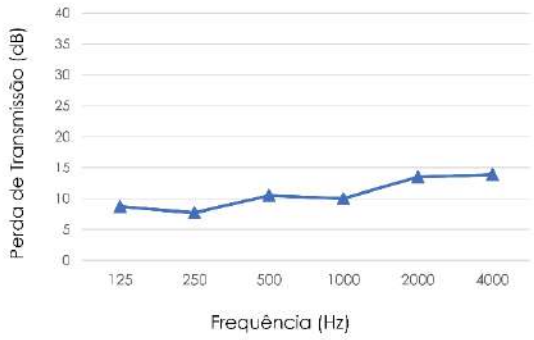
Desvio padrão 0,08

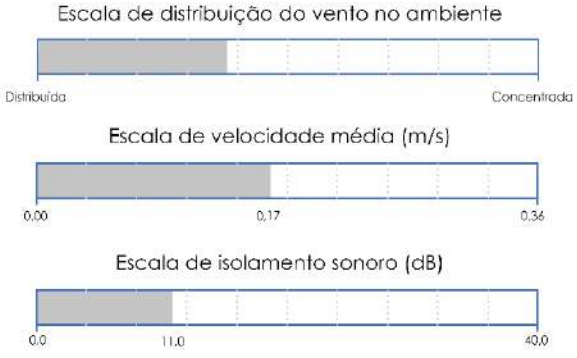


Plano 6

Velocidade do ar: 0,29 m/s

Desvio padrão 0,20





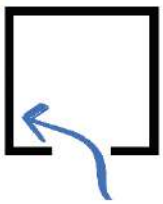
Considerações:

Para esta incidência, a diminuição da abertura provocou uma diminuição nos valores de velocidade dos pontos de controle.

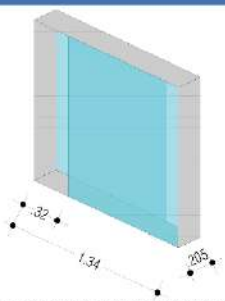
1i

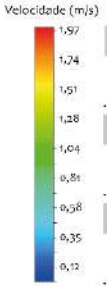
135°

Dados do Componente:



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,34 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





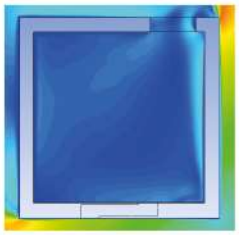
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,19	0,10	0,17	0,12	0,08	0,11	0,13	0,14
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,15	0,22	0,16	0,04	0,22	0,15	0,12	0,35
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,15	0,27	0,12	0,10	0,31	0,09	0,14	0,14

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,26 m³/s
Número de Renovações/hora = 39

METODOLOGIA ASHRAE

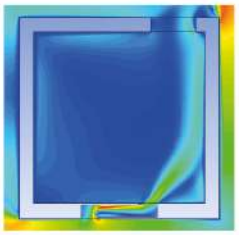
Vazão = 0,23 m³/s
Número de Renovações/hora = 34



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

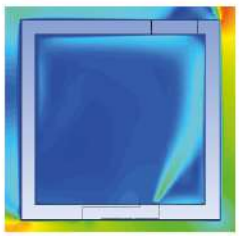
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,17 m/s

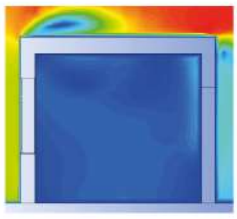
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

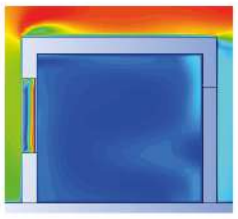
Desvio padrão 0,08



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

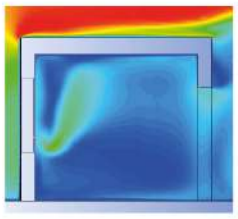
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

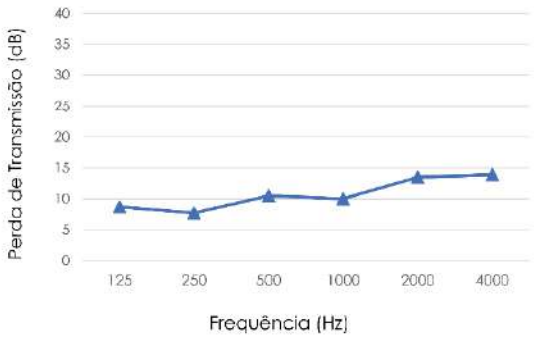
Desvio padrão 0,04

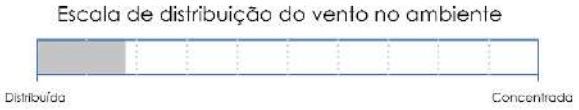


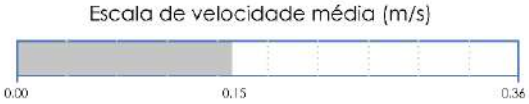
Plano 6

Velocidade do ar: 0,20 m/s

Desvio padrão 0,09







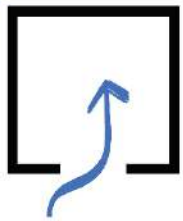
Considerações:

Nesta incidência, a diminuição das aberturas e prolongamento do comprimento da câmara foi favorável para aumentar os valores de velocidade no interior do ambiente.

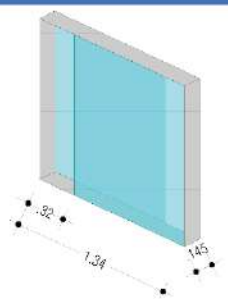
1j

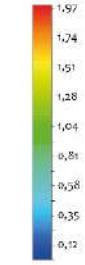
180°

Dados do Componente:



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,34 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,17	0,08	0,10	0,05	0,11	0,09	0,14	0,32
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,11	0,25	0,13	0,07	0,30	0,09	0,11	0,24
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,16	0,28	0,12	0,01	0,18	0,12	0,10	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,34 m³/s
Número de Renovações/hora = 51

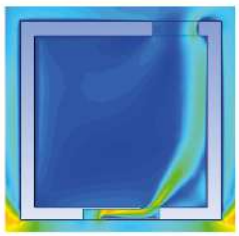
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,45 m³/s
Número de Renovações/hora = 66

Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

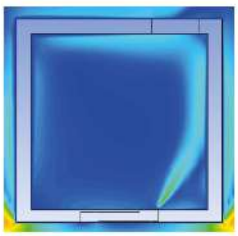
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,08



Plano 3

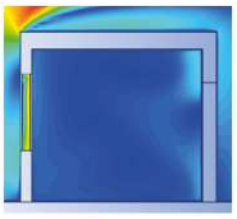
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

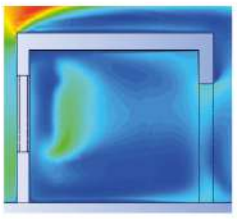
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

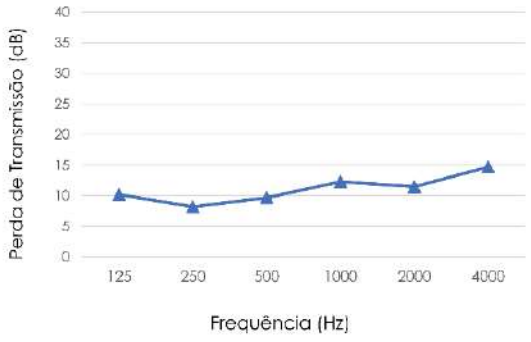
Desvio padrão 0,05

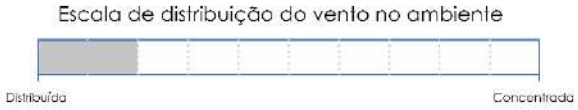


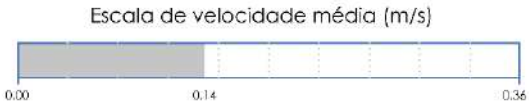
Plano 6

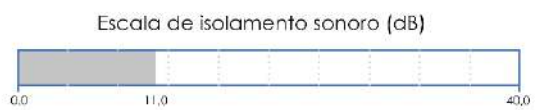
Velocidade do ar: 0,21 m/s

Desvio padrão 0,09









Considerações:

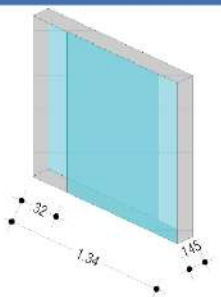
A diminuição da espessura da câmara provocou um aumento da área de baixa velocidade, representada pela cor azul escuro. A perda de transmissão sonora ponderada para este componente é de 11 dB e de 10,9 dB para o tráfego viário.

1j

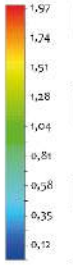
225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,34 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



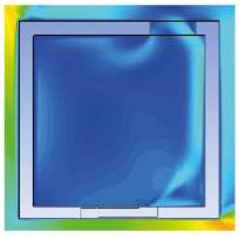
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,23	0,10	0,16	0,08	0,13	0,13	0,18	0,32
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,02	0,20	0,16	0,05	0,28	0,10	0,13	0,29
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,14	0,19	0,08	0,04	0,06	0,09	0,14	0,57

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,32 m³/s
Número de Renovações/hora = 47

METODOLOGIA ASHRAE

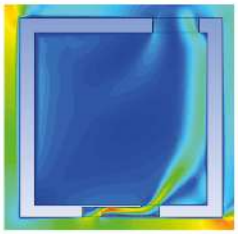
Vazão = 0,28 m³/s
Número de Renovações/hora = 41



Plano 1

Velocidade do ar: 0,16 m/s

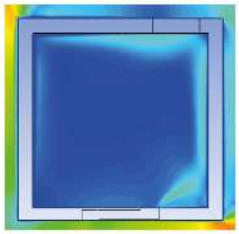
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

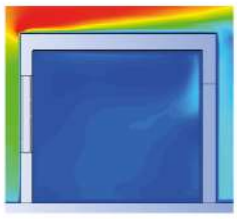
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,15 m/s

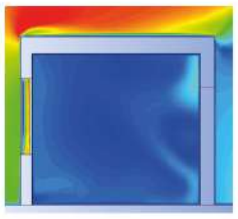
Desvio padrão 0,16



Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

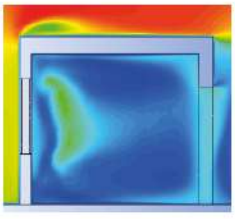
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

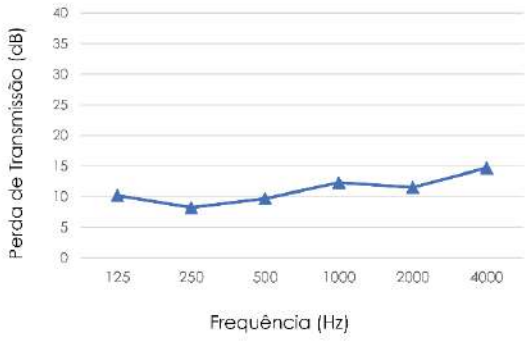
Desvio padrão 0,07

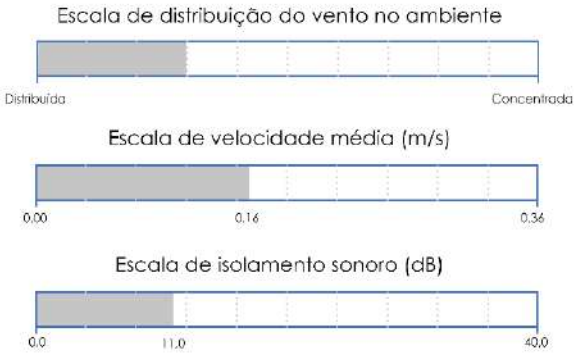


Plano 6

Velocidade do ar: 0,24 m/s

Desvio padrão 0,15





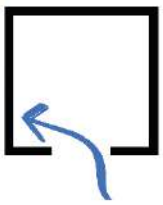
Considerações:

Da mesma forma que ocorre na incidência 180°, porém de forma mais sutil, aqui também ocorre redução nos valores de velocidade nos pontos de controle com a redução da espessura da câmara.

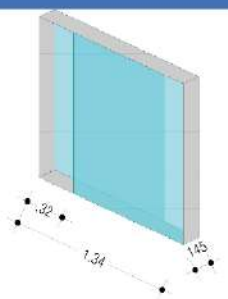
1j

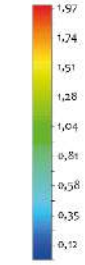
135°

Dados do Componente:



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,34 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





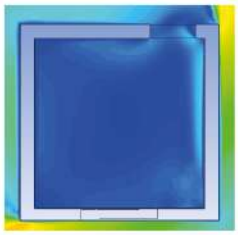
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,17	0,08	0,11	0,02	0,06	0,10	0,11	0,21
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,07	0,10	0,11	0,08	0,09	0,22	0,10	0,07	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,11	0,17	0,09	0,03	0,11	0,04	0,07	0,08

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,20 m³/s
Número de Renovações/hora = 30

METODOLOGIA ASHRAE

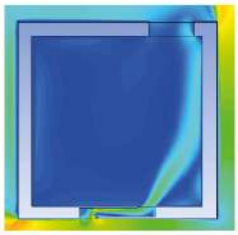
Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 26



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 3

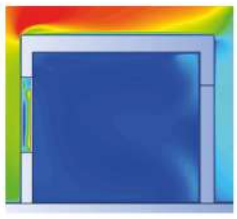
Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

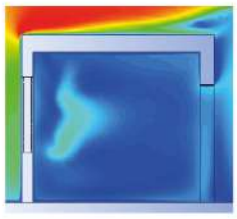
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

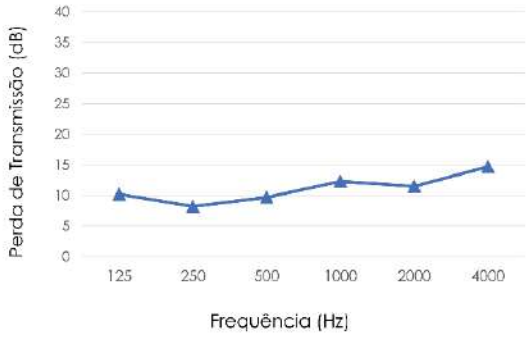
Desvio padrão 0,05

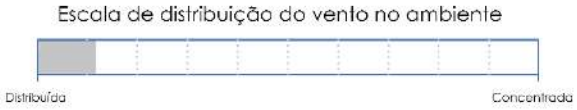


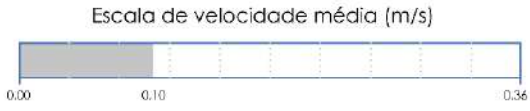
Plano 6

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,06







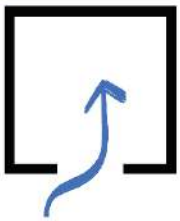
Considerações:

Para esta incidência a redução da velocidade é bem visível, principalmente no plano 3.

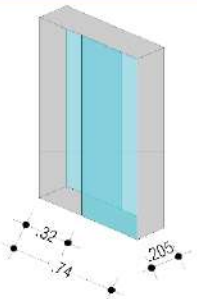
Dados do Componente:

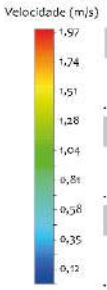
1k

180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 0,74 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,11	0,06	0,15	0,05	0,08	0,10	0,11	0,16
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,11	0,09	0,12	0,14	0,07	0,11	0,13	0,60
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,16	0,20	0,06	0,04	0,08	0,08	0,11	0,14

METODOLOGIA BRITÂNICA

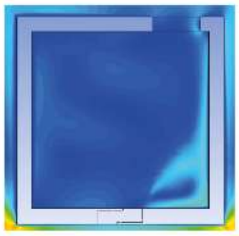
Vazão = 0,42 m³/s

Número de Renovações/hora = 62

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,54 m³/s

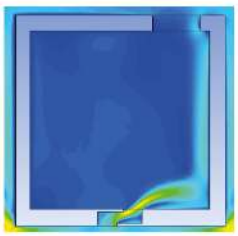
Número de Renovações/hora = 80



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

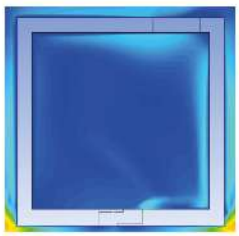
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,17



Plano 3

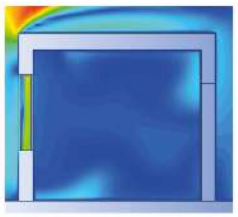
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

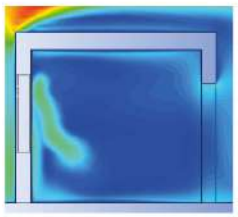
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

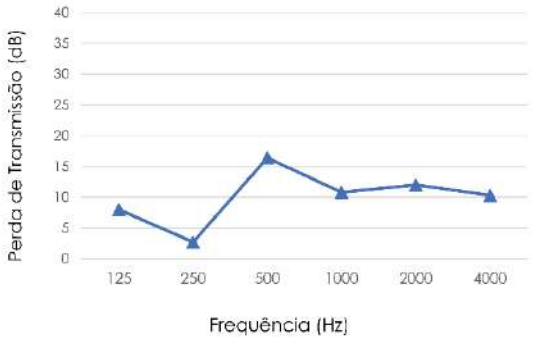
Desvio padrão 0,04

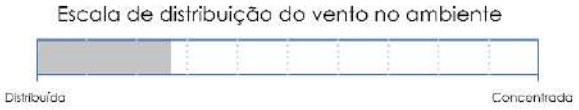


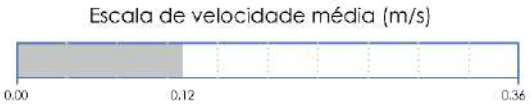
Plano 6

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,17







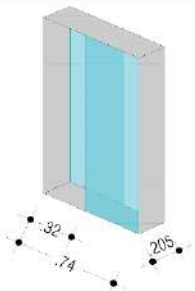
Considerações:

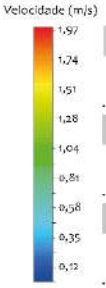
A redução do comprimento do componente fez com que o fluxo de vento entrasse no ambiente de forma muito inclinada, contornando a parede da direita e saindo do ambiente pelo vão da porta. Do ponto de vista da acústica, o R_w proporcionado pelo componente é de 10 dB e para o tráfego viário, a PT é de 8,9 dB.

1k
225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,74 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m





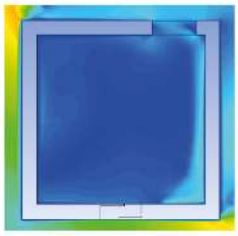
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,08	0,06	0,15	0,04	0,05	0,11	0,13	0,24
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,20	0,17	0,08	0,22	0,14	0,04	0,14	0,12	0,54
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,16	0,21	0,15	0,15	0,08	0,13	0,22	0,15

METODOLOGIA BRITÂNICA

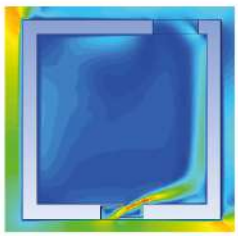
Vazão = 0,42 m³/s
Número de Renovações/hora = 62

METODOLOGIA ASHRAE

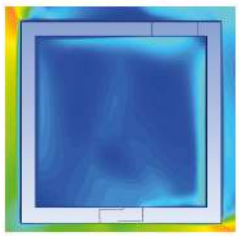
Vazão = 0,36 m³/s
Número de Renovações/hora = 53



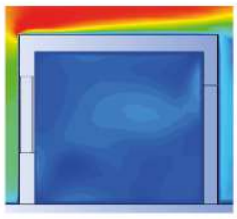
Plano 1
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,06



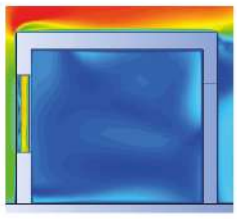
Plano 2
Velocidade do ar: 0,18 m/s
Desvio padrão 0,14



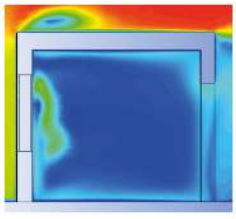
Plano 3
Velocidade do ar: 0,15 m/s
Desvio padrão 0,05



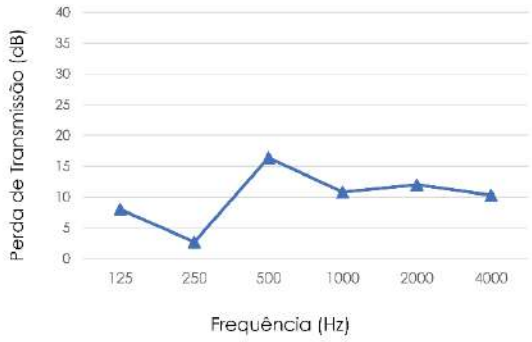
Plano 4
Velocidade do ar: 0,15 m/s
Desvio padrão 0,04

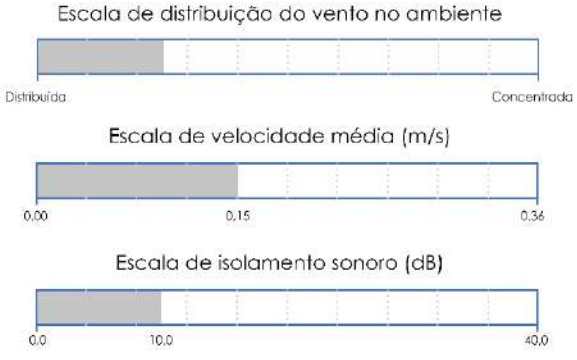


Plano 5
Velocidade do ar: 0,13 m/s
Desvio padrão 0,05



Plano 6
Velocidade do ar: 0,16 m/s
Desvio padrão 0,16



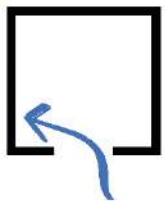


Considerações:

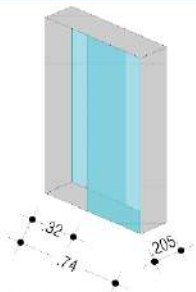
Assim como ocorre na incidência 180°, o vento entra no ambiente de forma muito inclinada, prejudicando os fluxos internos.

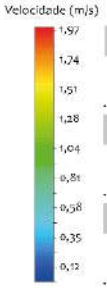
1k
135°

Dados do Componente:



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,74 m
Espessura: 0,205 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





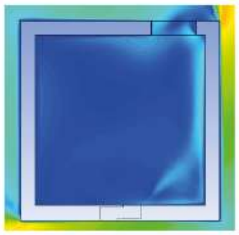
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,12	0,08	0,09	0,06	0,09	0,06	0,06	0,20
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,10	0,08	0,12	0,10	0,05	0,12	0,06	0,13	0,39
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,08	0,13	0,09	0,04	0,07	0,08	0,15	0,20

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,32 m³/s
Número de Renovações/hora = 47

METODOLOGIA ASHRAE

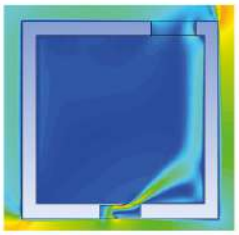
Vazão = 0,27 m³/s
Número de Renovações/hora = 41



Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

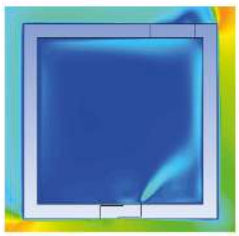
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,13 m/s

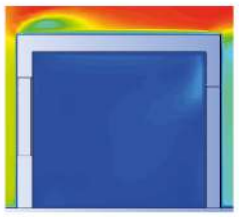
Desvio padrão 0,10



Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

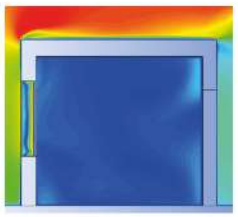
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

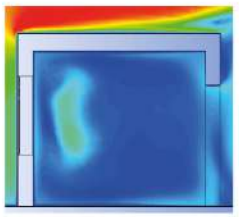
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

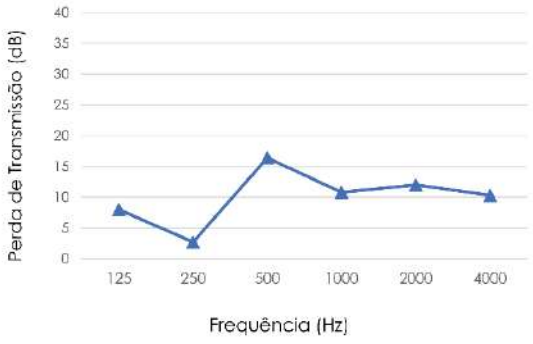
Desvio padrão 0,04

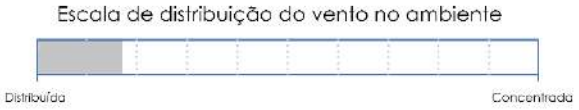


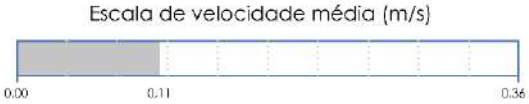
Plano 6

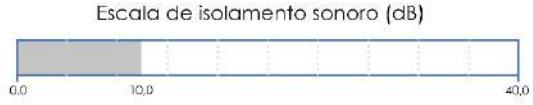
Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,10









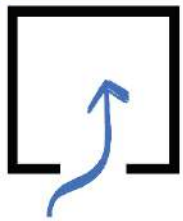
Considerações:

Nesta incidência, é possível perceber uma redução da inclinação do fluxo que entra. Porém, conforme já visto, a tipologia 1 não é favorável para esta incidência de vento.

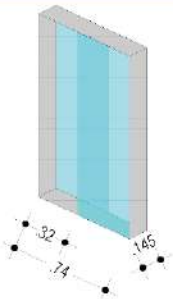
11

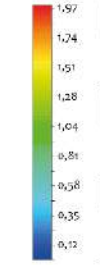
180°

Dados do Componente:



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 0,74 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,13	0,06	0,13	0,04	0,10	0,11	0,10	0,33
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,16	0,07	0,06	0,12	0,11	0,04	0,11	0,13	0,45
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,12	0,17	0,07	0,07	0,07	0,07	0,11	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

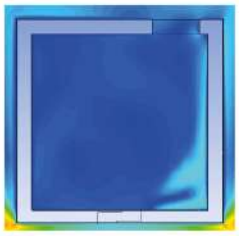
Vazão = 0,38 m³/s

Número de Renovações/hora = 56

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,49 m³/s

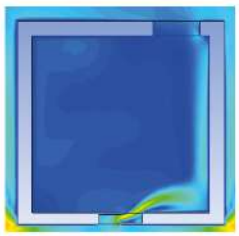
Número de Renovações/hora = 73



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,09



Plano 2

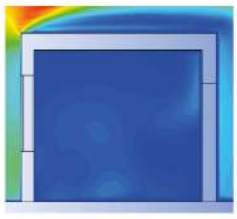
Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,12

Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

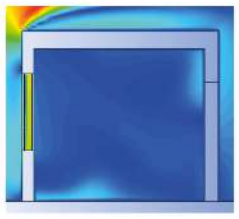
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

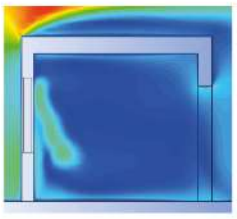
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

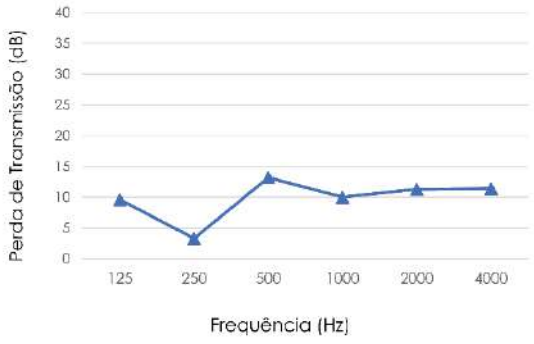
Desvio padrão 0,03

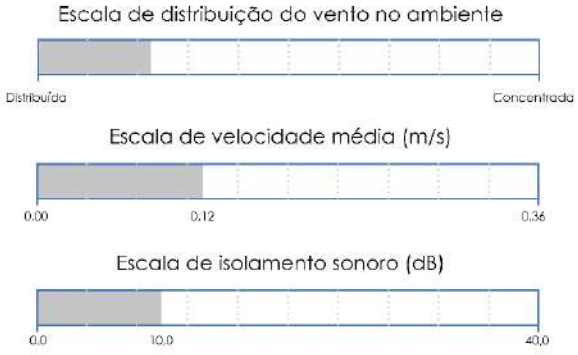


Plano 6

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,14





Considerações:

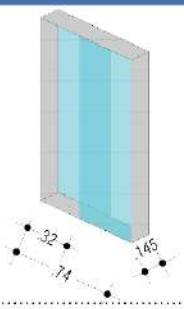
A redução da espessura da câmara prejudicou ainda mais os fluxos de vento no interior do ambiente, proporcionando uma grande zona de baixa velocidade. Acusticamente, esse componente possui um R_w de 10 dB e uma PT de 10,3 dB para o tráfego viário.

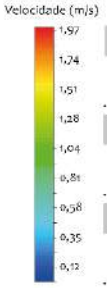
11

225°

Dados do Componente:

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,74 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





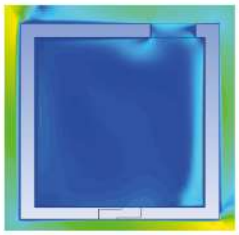
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,11	0,09	0,11	0,11	0,07	0,12	0,11	0,12
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,18	0,09	0,09	0,17	0,12	0,05	0,09	0,12	0,45
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,06	0,13	0,09	0,10	0,05	0,10	0,12	0,14

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,35 m³/s
Número de Renovações/hora = 51

METODOLOGIA ASHRAE

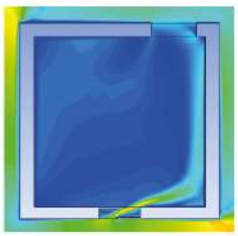
Vazão = 0,30 m³/s
Número de Renovações/hora = 45



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

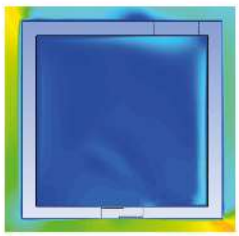
Desvio padrão 0,02



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15 m/s

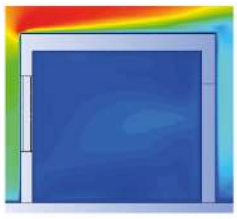
Desvio padrão 0,12



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

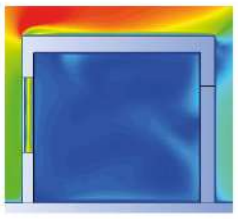
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

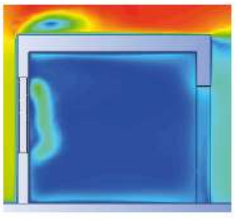
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

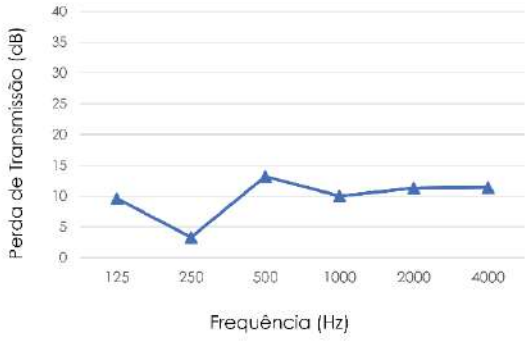
Desvio padrão 0,02

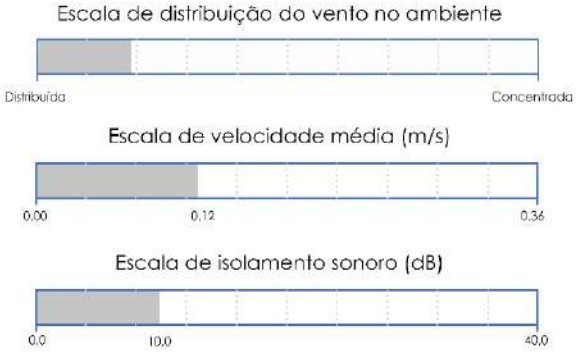


Plano 6

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,12





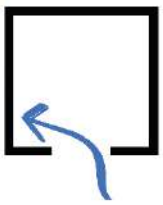
Considerações:

Aqui a redução da espessura da câmara também prejudicou bastante os fluxos de vento no interior do ambiente, proporcionando uma grande zona de baixa velocidade.

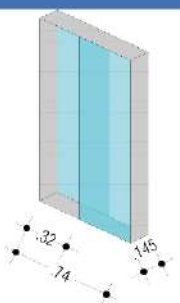
11

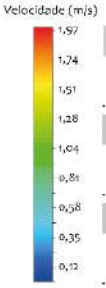
135°

Dados do Componente:



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,74 m
Espessura: 0,145 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,32 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,07	0,12	0,07	0,08	0,05	0,07	0,06	0,09	0,15
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,10	0,15	0,12	0,05	0,11	0,08	0,11	0,33
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,10	0,12	0,06	0,05	0,22	0,06	0,10	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,27 m³/s
Número de Renovações/hora = 41

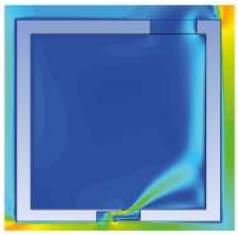
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,24 m³/s
Número de Renovações/hora = 35

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 2

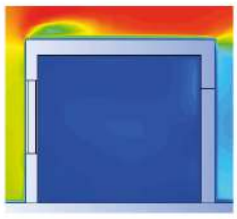
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,08

Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 4

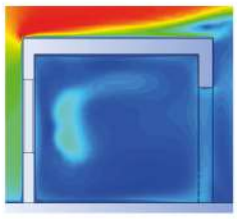
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

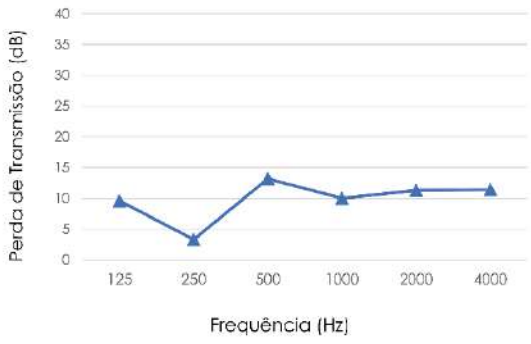
Desvio padrão 0,03

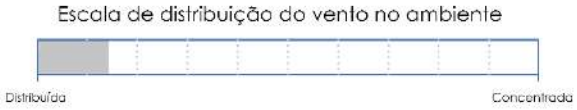


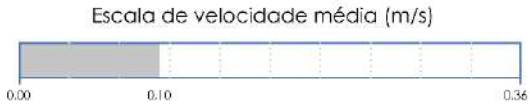
Plano 6

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,08





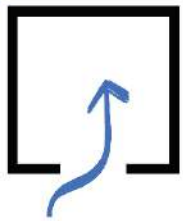


Considerações:

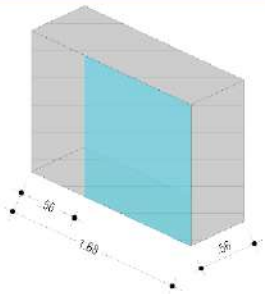
Da mesma forma que ocorre nas outras incidências deste componente, a redução da espessura da câmara prejudica os fluxos de vento no interior do ambiente, proporcionando uma grande zona de baixa velocidade.

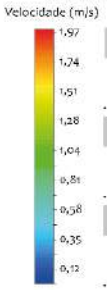
Dados do Componente:

1m
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,68 m
Espessura: 0,56 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,56 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,21	0,30	0,09	0,23	0,10	0,16	0,17	0,24	0,78
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,22	0,12	0,36	0,20	0,04	0,34	0,20	0,22	1,48
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,17	0,23	0,40	0,05	0,10	0,29	0,12	0,13	0,38

METODOLOGIA BRITÂNICA

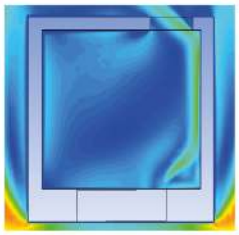
Vazão = 0,66 m³/s

Número de Renovações/hora = 98

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,84 m³/s

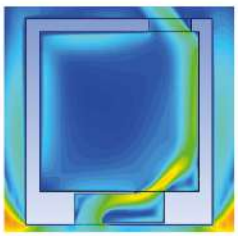
Número de Renovações/hora = 125



Plano 1

Velocidade do ar: 0,25 m/s

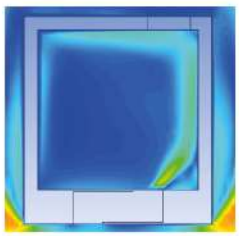
Desvio padrão 0,21



Plano 2

Velocidade do ar: 0,36 m/s

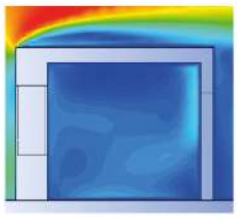
Desvio padrão 0,43



Plano 3

Velocidade do ar: 0,21 m/s

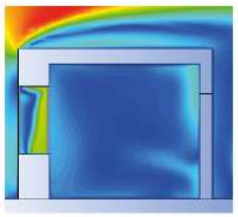
Desvio padrão 0,13



Plano 4

Velocidade do ar: 0,17 m/s

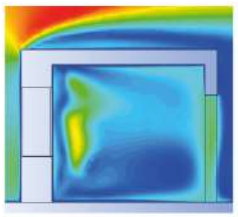
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,17 m/s

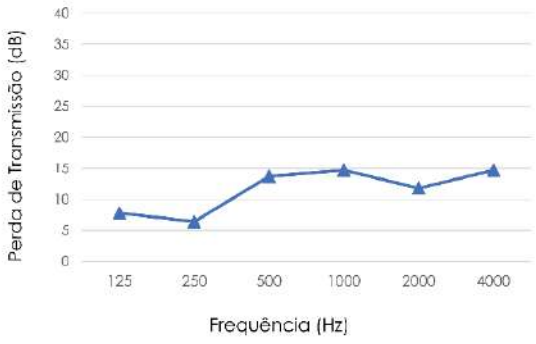
Desvio padrão 0,08

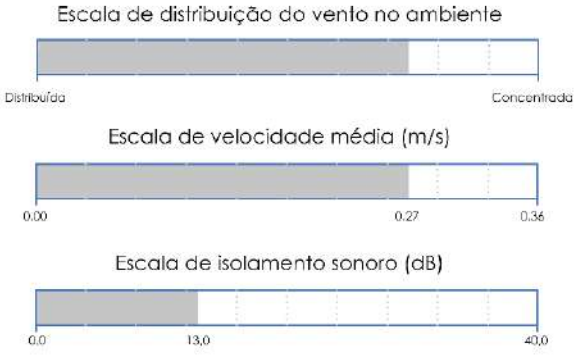


Plano 6

Velocidade do ar: 0,48 m/s

Desvio padrão 0,42





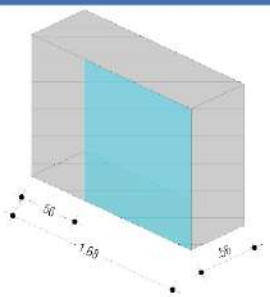
Considerações:

O distanciamento entre as folhas do componente e aumento da abertura trouxe boas condições de venitlação para o ambiente, em comparação a outros componentes já avaliados. Do ponto de vista de controle de ruído, o Rw é de 13 dB, com 11,7 dB para o espectro de tráfego viário.

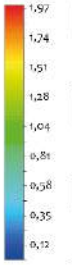
Dados do Componente:

1m
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,68 m
Espessura: 0,56 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,56 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



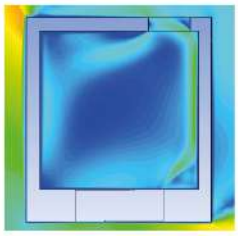
Velocidade (m/s)



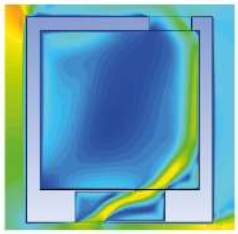
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,20	0,53	0,16	0,31	0,05	0,26	0,22	0,35	0,86
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,35	0,14	0,32	0,34	0,03	0,40	0,22	0,25	1,46
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,14	0,26	0,35	0,22	0,16	0,19	0,18	0,33	1,47

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,66 m³/s
Número de Renovações/hora = 98

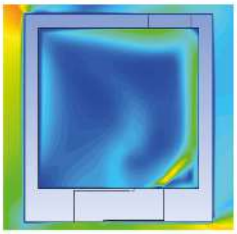
METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,56 m³/s
Número de Renovações/hora = 83



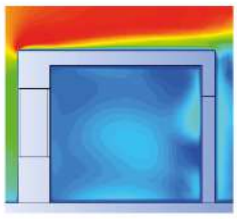
Plano 1
Velocidade do ar: 0,33 m/s
Desvio padrão 0,24



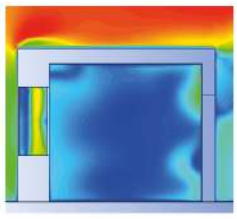
Plano 2
Velocidade do ar: 0,39 m/s
Desvio padrão 0,42



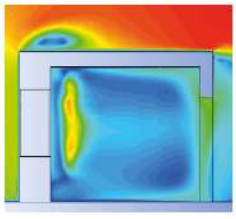
Plano 3
Velocidade do ar: 0,37 m/s
Desvio padrão 0,42



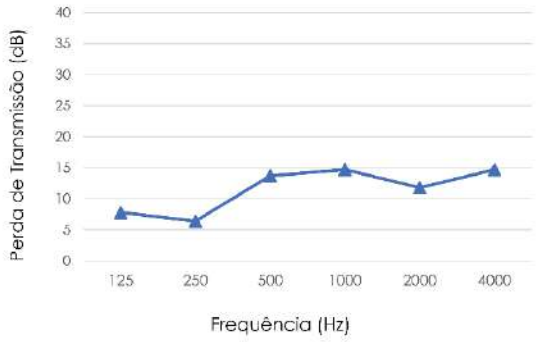
Plano 4
Velocidade do ar: 0,24 m/s
Desvio padrão 0,07

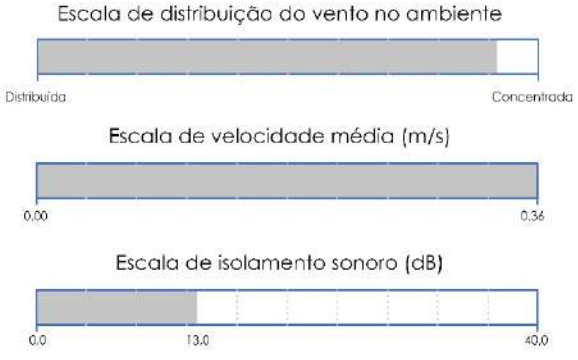


Plano 5
Velocidade do ar: 0,23 m/s
Desvio padrão 0,16



Plano 6
Velocidade do ar: 0,61 m/s
Desvio padrão 0,53



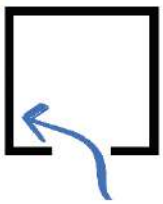


Considerações:

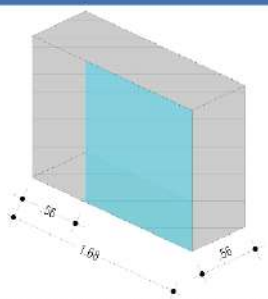
Este foi o componente que atingiu a máxima velocidade média entre os pontos de controle. O contorno do ambiente é bem provido de ventilação, tanto em velocidade quanto distribuição. Entretanto, ainda é possível perceber uma região central com velocidade menor.

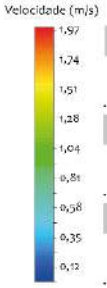
Dados do Componente:

1m
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,68 m
Espessura: 0,56 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 0,56 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m

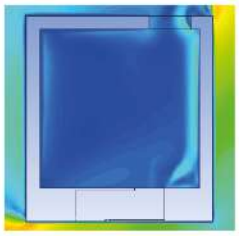




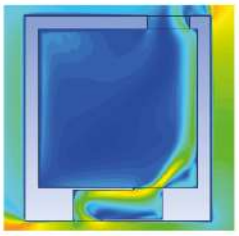
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,09	0,10	0,09	0,05	0,11	0,08	0,17	0,33
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,21	0,13	0,15	0,12	0,06	0,19	0,10	0,12	1,39
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,14	0,19	0,13	0,01	0,07	0,16	0,23	0,16

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,54 m³/s
Número de Renovações/hora = 80

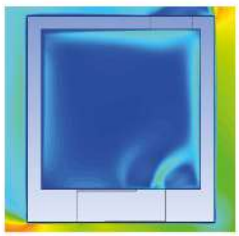
METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,46 m³/s
Número de Renovações/hora = 68



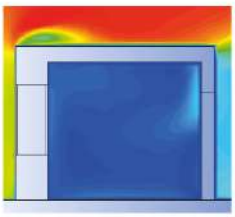
Plano 1
Velocidade do ar: 0,12 m/s
Desvio padrão 0,08



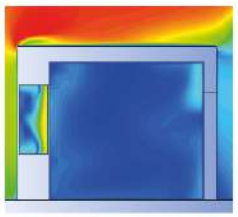
Plano 2
Velocidade do ar: 0,27 m/s
Desvio padrão 0,42



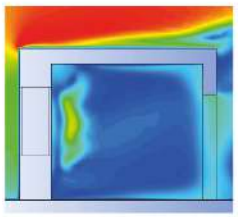
Plano 3
Velocidade do ar: 0,13 m/s
Desvio padrão 0,07



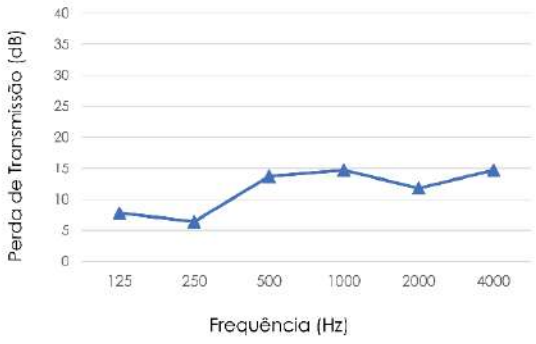
Plano 4
Velocidade do ar: 0,12 m/s
Desvio padrão 0,04

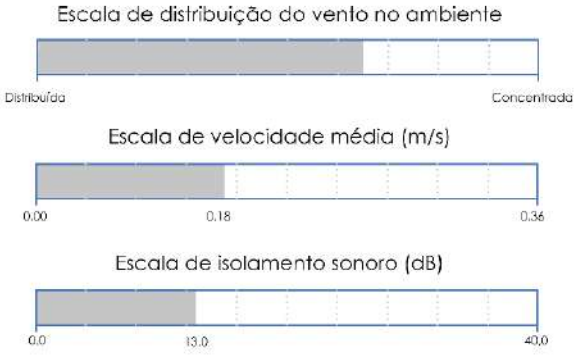


Plano 5
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,07



Plano 6
Velocidade do ar: 0,30 m/s
Desvio padrão 0,42





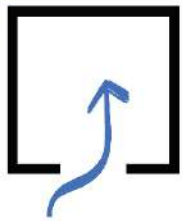
Considerações:

A tipologia 1 continua não sendo favorecida por esta incidência de vento. Mesmo com a grande espessura da câmara, ainda é possível observar uma grande área de baixa velocidade.

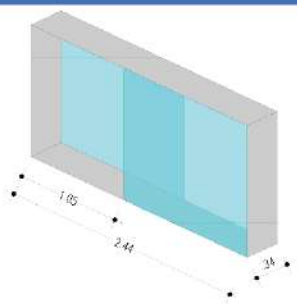
Dados do Componente:

1n

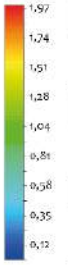
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 2,44 m
Espessura: 0,34 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 1,05 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,20	0,19	0,14	0,18	0,07	0,10	0,11	0,21	0,22
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,21	0,23	0,31	0,16	0,06	0,24	0,12	0,18	0,54
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,18	0,41	0,13	0,17	0,27	0,15	0,12	0,69

METODOLOGIA BRITÂNICA

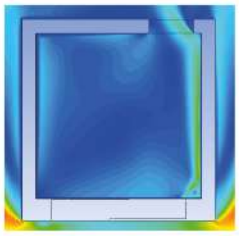
Vazão = 0,89 m³/s

Número de Renovações/hora = 132

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 1,06 m³/s

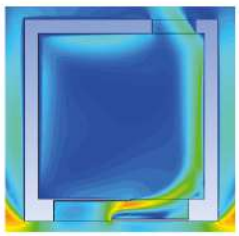
Número de Renovações/hora = 158



Plano 1

Velocidade do ar: 0,16 m/s

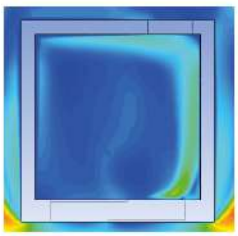
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,23 m/s

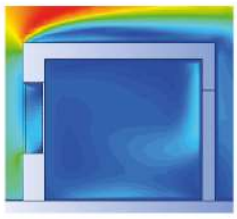
Desvio padrão 0,14



Plano 3

Velocidade do ar: 0,25 m/s

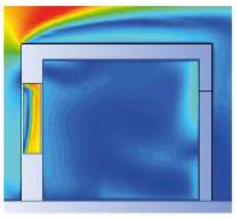
Desvio padrão 0,19



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

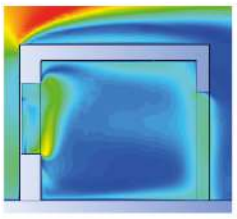
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,16 m/s

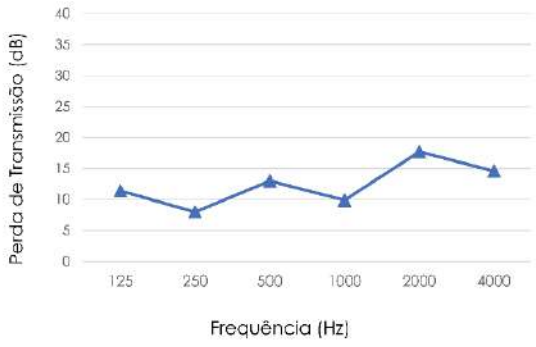
Desvio padrão 0,06

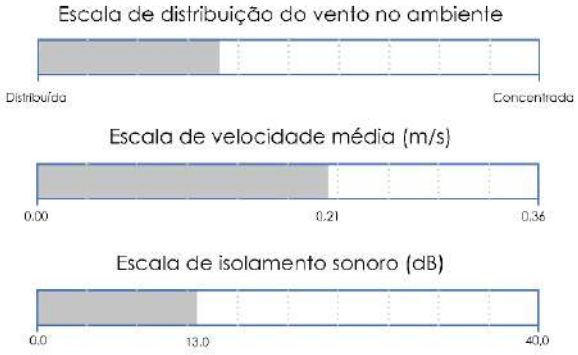


Plano 6

Velocidade do ar: 0,32 m/s

Desvio padrão 0,19





Considerações:

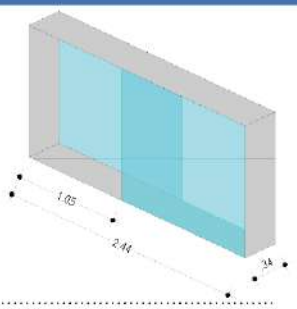
As aberturas maiores facilitam a entrada de vento no ambiente e o aumento da velocidade em determinados pontos de controle. O plano 6 continua bem favorecido considerando a velocidade do ar. Do ponto de vista acústico, o sistema tem um R_w de 13 dB e uma PT de 11,9 dB para o espectro de tráfego viário.

Dados do Componente:

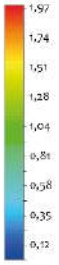
1n

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,44 m
Espessura: 0,34 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 1,05 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



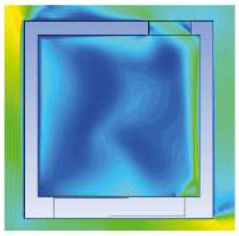
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,28	0,25	0,18	0,26	0,25	0,17	0,16	0,37	0,26
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,25	0,20	0,22	0,21	0,15	0,14	0,22	0,21	0,80
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,17	0,36	0,17	0,11	0,14	0,05	0,09	0,24

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,97 m³/s
Número de Renovações/hora = 143

METODOLOGIA ASHRAE

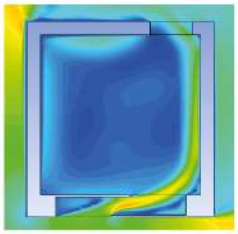
Vazão = 0,77 m³/s
Número de Renovações/hora = 114



Plano 1

Velocidade do ar: 0,24 m/s

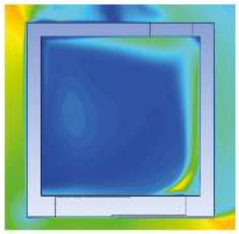
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,27 m/s

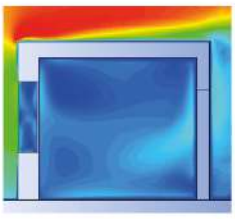
Desvio padrão 0,20



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

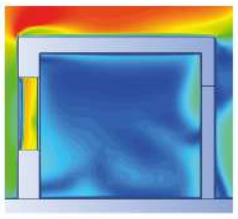
Desvio padrão 0,09



Plano 4

Velocidade do ar: 0,19 m/s

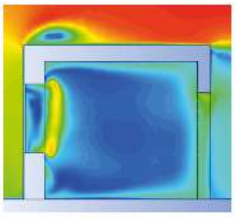
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,20 m/s

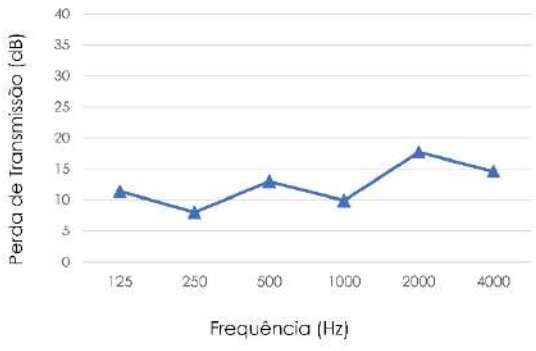
Desvio padrão 0,08

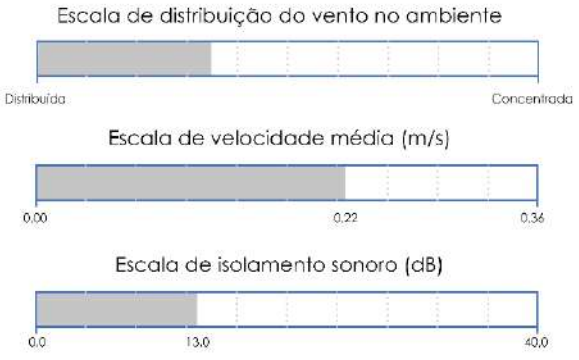


Plano 6

Velocidade do ar: 0,28 m/s

Desvio padrão 0,21



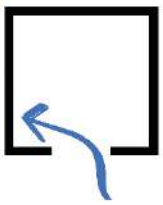


Considerações:

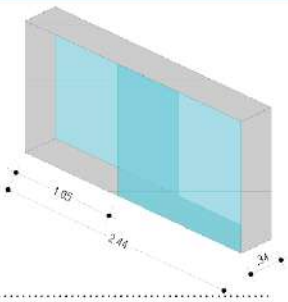
As grandes aberturas e a incidência favorável facilitam a entrada de vento no ambiente, com clara redução da área de baixa velocidade. Aqui é possível perceber que os planos 1 e 6 possuem mais áreas com velocidades maiores.

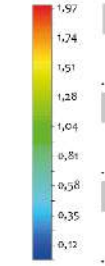
Dados do Componente:

1n
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,44 m
Espessura: 0,34 m
Altura: 1,35 m
Aberturas: 1.05 x 1,35 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,05	0,05	0,11	0,07	0,04	0,12	0,09	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,12	0,06	0,08	0,05	0,08	0,08	0,10	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,12	0,10	0,12	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,38 m³/s
Número de Renovações/hora = 56

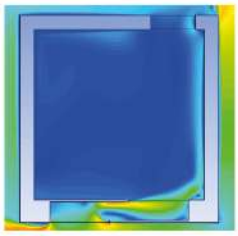
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,30 m³/s
Número de Renovações/hora = 45

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

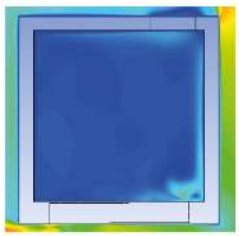
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

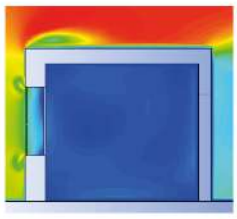
Desvio padrão 0,02



Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

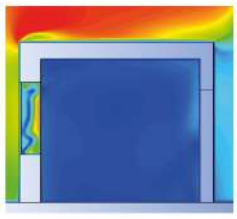
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

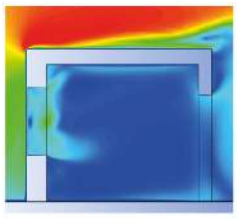
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

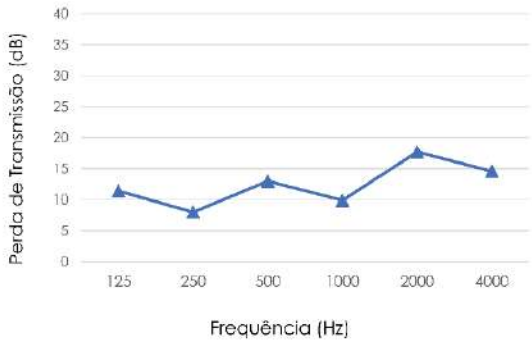
Desvio padrão 0,03

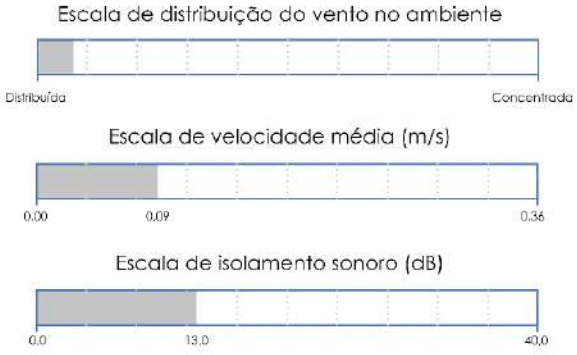


Plano 6

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03



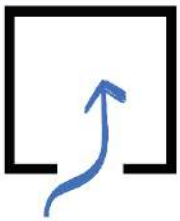


Considerações:

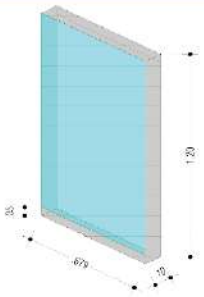
Quando comparada a outras incidências, aqui é bem clara a redução da velocidade de vento e a grande zona de baixa de velocidade que passa por todos os pontos de controle. Os aspectos de controle de ruído já foram descritos nos componentes 1n 180° e 1n 225°.

Dados do Componente:

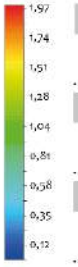
2a
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,05 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,06	0,09	0,06	0,05	0,08	0,02	0,05	0,02
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,08	0,03	0,05	0,03
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,14	0,05	0,02	0,24	0,05	0,02	0,13	0,03

METODOLOGIA BRITÂNICA

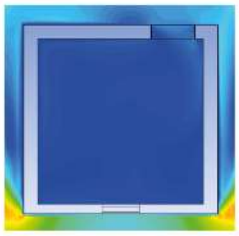
Vazão = 0,02 m³/s

Número de Renovações/hora = 3

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,03 m³/s

Número de Renovações/hora = 4



Plano 1

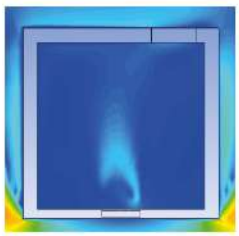
Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 2

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 4

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 5

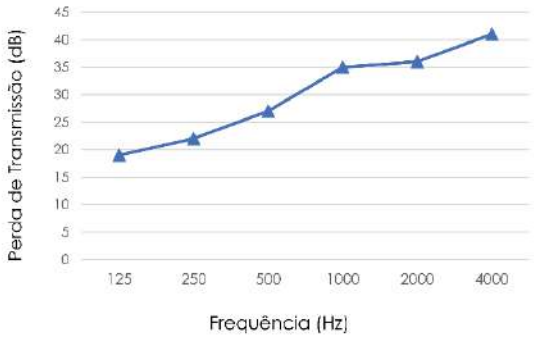
Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03



Escala de distribuição do vento no ambiente

Escala de velocidade média (m/s)

Escala de isolamento sonoro (dB)

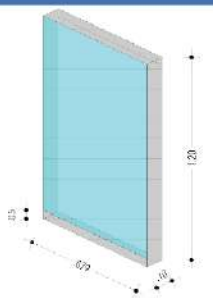
Considerações:

Aqui, é possível notar que o pouco fluxo de vento que entra no ambinete se concentra no Plano 3, pois tende a subir depois que passa pela câmara do componente, deixando os outros planos avaliados com velocidades bem baixas. Para este componente, o R_w é de 31 dB.

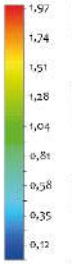
Dados do Componente:

2a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,05 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,06	0,13	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,07	0,12	0,07	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,03	0,02	0,17	0,05	0,05	0,06	0,31	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

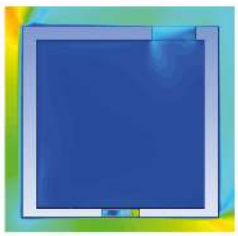
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

Velocidade do ar: 0,05 m/s

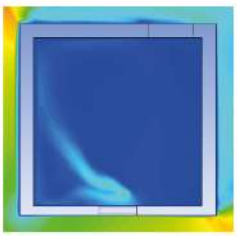
Desvio padrão 0,02



Plano 2

Velocidade do ar: 0,06 m/s

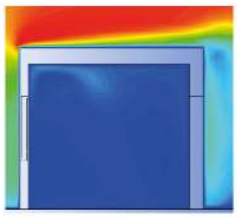
Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

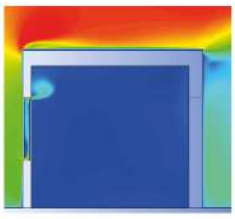
Desvio padrão 0,09



Plano 4

Velocidade do ar: 0,07 m/s

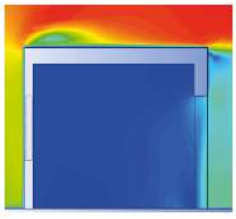
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,07 m/s

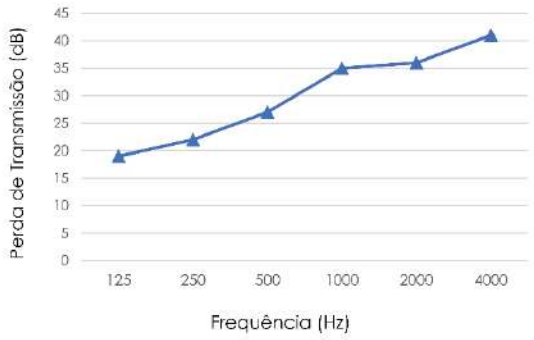
Desvio padrão 0,09

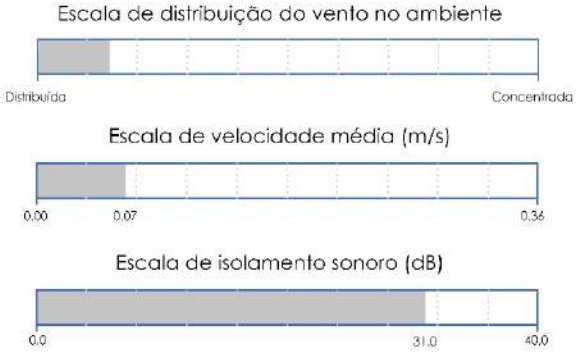


Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,04



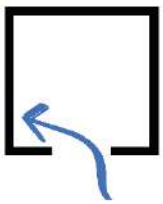


Considerações:

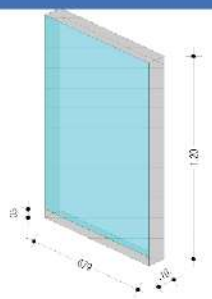
Devido ao posicionamento da porta, favorável à incidência de vento, é possível perceber valores de velocidade um pouco maiores nos pontos de controle, apesar de ainda serem muito baixos. A questão acústica segue a mesma do componente 2a 180°, com R_w de 31 dB, com um desempenho maior para frequências mais altas.

Dados do Componente:

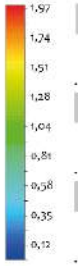
2a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,05 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



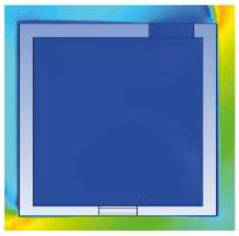
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,06	0,06	0,05	0,03	0,02	0,05	0,04	0,03
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,02	0,04	0,10	0,03	0,05	0,19	0,04	0,23	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 2



Plano 1

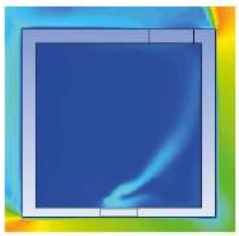
Velocidade do ar: 0,03 m/s

Desvio padrão 0,01

Plano 2

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,01



Plano 3

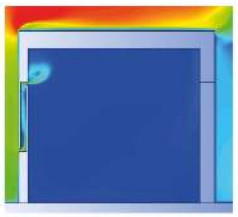
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,08

Plano 4

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,01



Plano 5

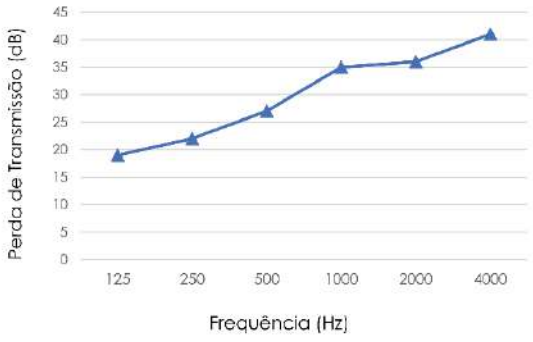
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,06

Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,05



Escala de distribuição do vento no ambiente

Escala de velocidade média (m/s)

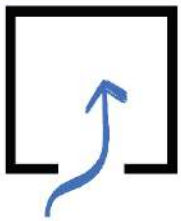
Escala de isolamento sonoro (dB)

Considerações:

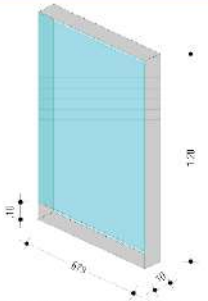
Nessa incidência, a posição da porta não favorece o fluxo de vento, sendo possível perceber valores de velocidade ainda menores. A questão acústica segue a mesma do componente 2a 180°.

Dados do Componente:

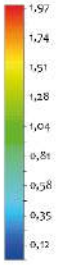
2b
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,10 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07	0,06	0,09	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,10	0,07	0,08	0,07	0,07	0,10	0,05	0,10	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,11	0,07	0,02	0,16	0,06	0,03	0,39	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s

Número de Renovações/hora = 7

METODOLOGIA ASHRAE

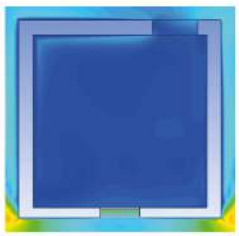
Vazão = 0,06 m³/s

Número de Renovações/hora = 9

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

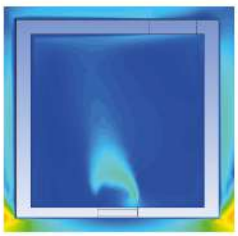
Desvio padrão 0,01



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 3

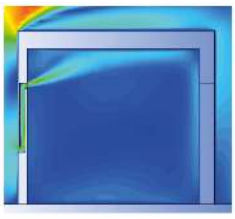
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 4

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 5

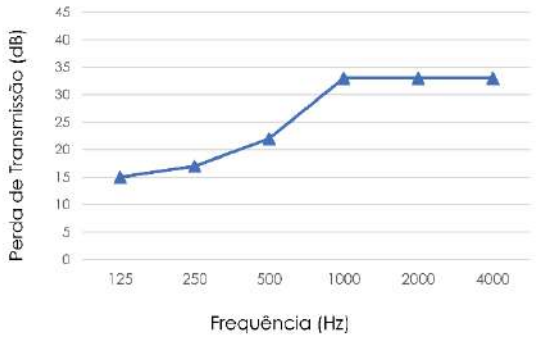
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,10

Plano 6

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02



Escala de distribuição do vento no ambiente

Escala de velocidade média (m/s)

Escala de isolamento sonoro (dB)

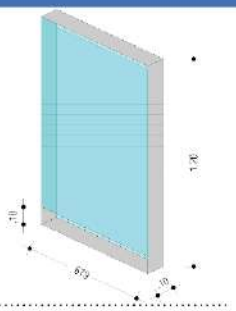
Considerações:

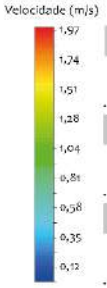
O fluxo de vento, com uma velocidade um pouco maior, continua concentrado no Plano 3. De forma muito sutil, o fluxo contorna a parede posterior, no sentido descendente, e assim é possível perceber um fluxo de vento no plano 1. O R_w aqui é de 26 dB.

Dados do Componente:

2b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,10 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m





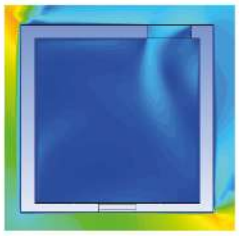
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,09	0,15	0,12	0,08	0,16	0,05	0,07	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,11	0,09	0,22	0,11	0,09	0,14	0,07	0,12	0,12
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,08	0,10	0,16	0,09	0,08	0,08	0,39	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

METODOLOGIA ASHRAE

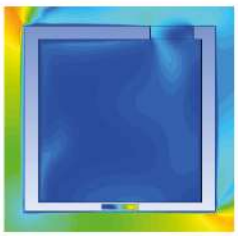
Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 5



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

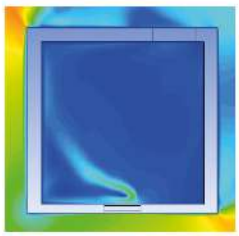
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,12 m/s

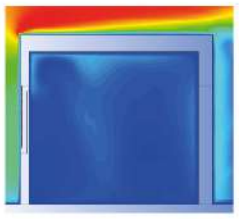
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

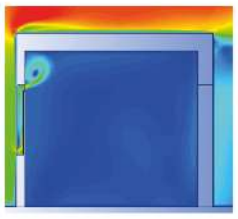
Desvio padrão 0,10



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

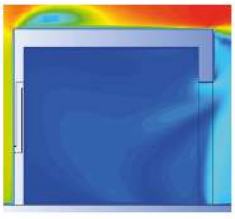
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

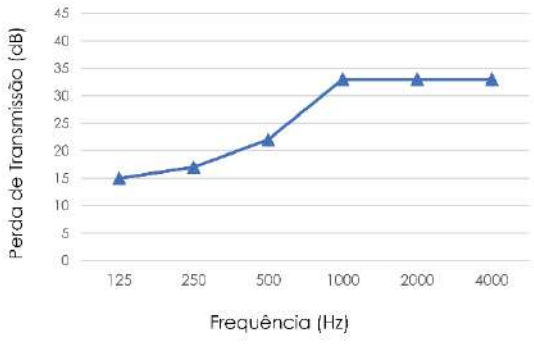
Desvio padrão 0,10

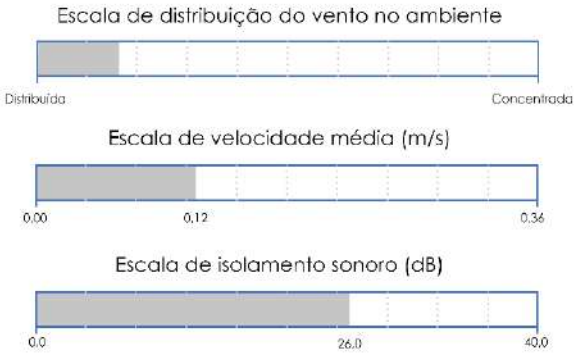


Plano 6

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,04



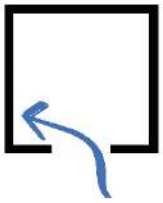


Considerações:

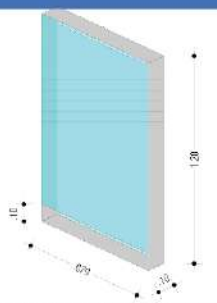
Aqui, ainda existe uma grande área com baixa velocidade de vento, porém é possível notar que o vento se espalha mais no ambiente, com velocidades um pouco mais altas abrangendo outros planos além do Plano 3. A questão acústica segue a mesma do componente 2b 180°.

Dados do Componente:

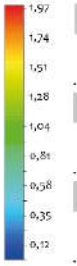
2b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,10 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,08	0,14	0,05	0,08	0,04	0,04	0,03	0,03
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,06	0,00	0,06	0,02	0,04	0,06	0,04	0,05
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,03	0,07	0,13	0,04	0,07	0,20	0,04	0,62	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 5

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

Plano 1

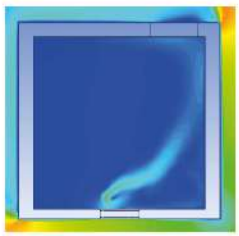
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 2

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 3

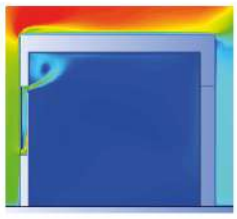
Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,19

Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

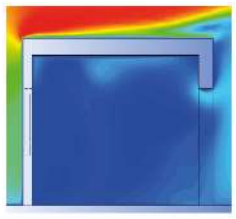
Desvio padrão 0,01



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

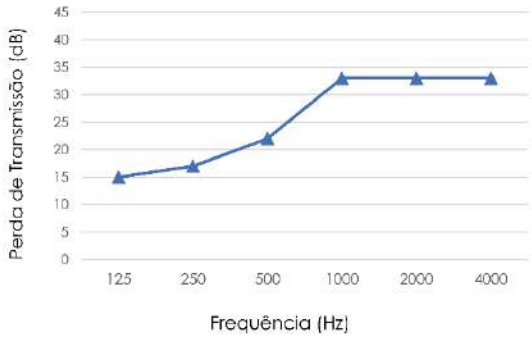
Desvio padrão 0,19

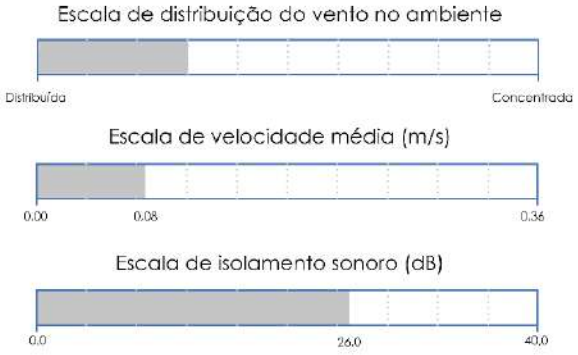


Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,07





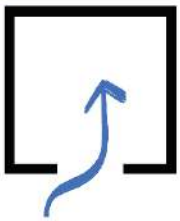
Considerações:

A coincidência da entrada do vento com um dos pontos de controle causou a elevação da velocidade média. Porém, analisando qualitativamente, é possível perceber que, com exceção do plano 3, existe uma grande área com baixa velocidade de vento. A questão acústica segue a mesma do componente 2b 180°.

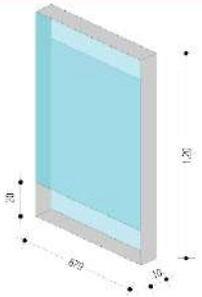
Dados do Componente:

2c

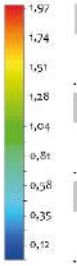
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,20 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,13	0,08	0,08	0,05	0,08	0,07	0,03	0,06	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,06	0,06	0,05	0,03	0,10	0,07	0,06	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,10	0,12	0,04	0,12	0,08	0,05	0,88	0,08

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,09 m³/s

Número de Renovações/hora = 13

METODOLOGIA ASHRAE

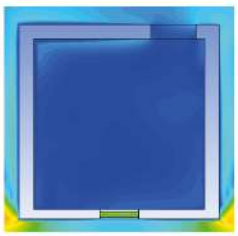
Vazão = 0,12 m³/s

Número de Renovações/hora = 17

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

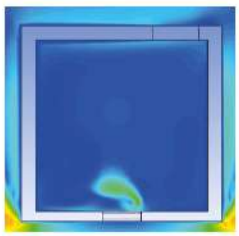
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,07m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,17 m/s

Desvio padrão 0,27

Plano 4

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 5

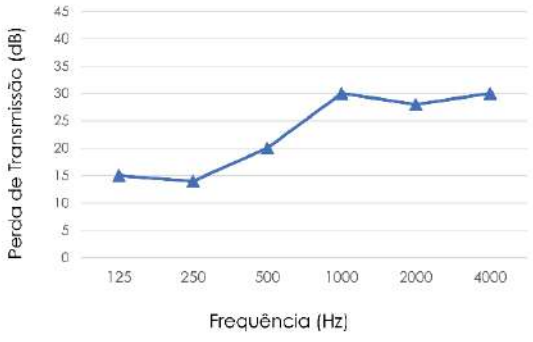
Velocidade do ar: 0,16 m/s

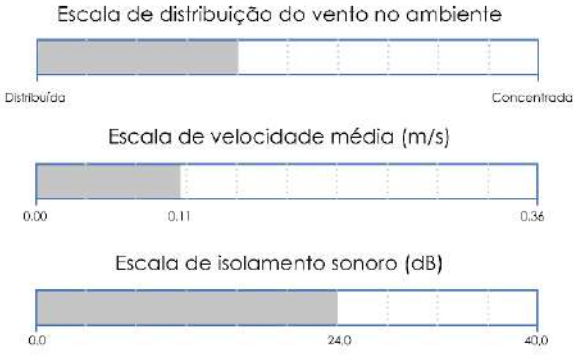
Desvio padrão 0,27

Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,02





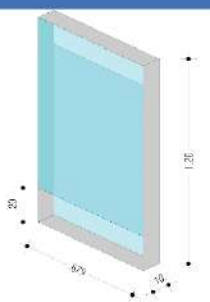
Considerações:

Apesar da abertura maior, não foi possível perceber tanta diferença deste para o componente 2b. O vento entra no ambiente com maior velocidade, mas o fluxo é todo deslocado para o teto. Aqui, o R_w segue acima da média (dentre os componentes analisados), com 24 dB.

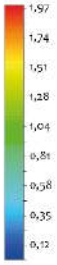
Dados do Componente:

2c
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,20 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.90 m



Velocidade (m/s)



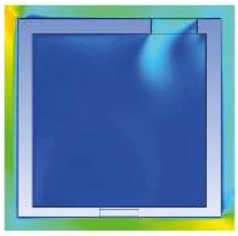
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,08	0,09	0,05	0,09	0,07	0,04	0,04	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,05	0,16	0,02	0,06	0,09	0,10	0,05	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,08	0,10	0,02	0,11	0,08	0,03	0,74	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 5



Plano 1

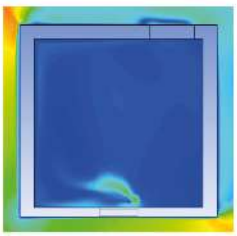
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 3

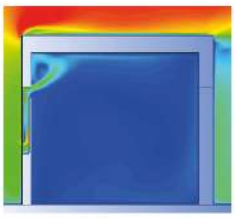
Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,23

Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

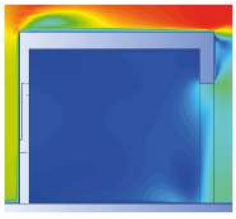
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

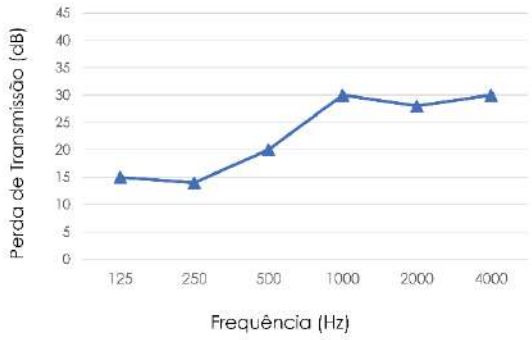
Desvio padrão 0,22

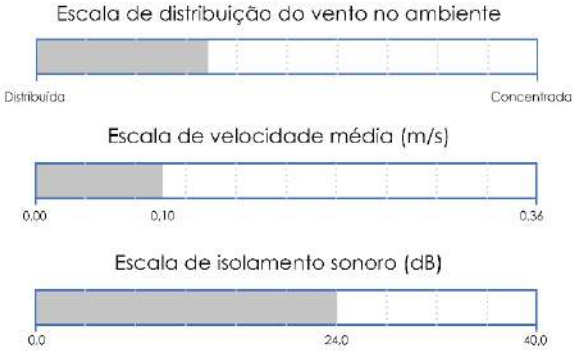


Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03



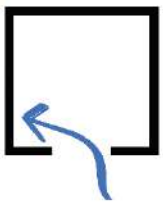


Considerações:

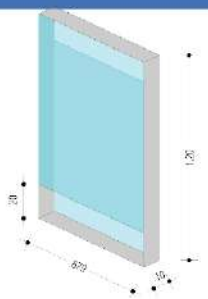
Aqui ocorre o mesmo do componente 2c 180°, o vento entra no ambiente e se dirige para o teto, fazendo com que o resto do ambiente tenha uma grande área de baixa velocidade. A questão acústica segue a mesma do componente 2c180°.

Dados do Componente:

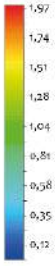
2c
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,679 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 1,20 m
Aberturas: 0,20 x 0,679 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,90 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,07	0,13	0,04	0,06	0,07	0,04	0,05	0,02
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,03	0,07	0,11	0,05	0,06	0,02	0,05	0,04	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,03	0,07	0,05	0,04	0,04	0,01	0,04	0,65	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

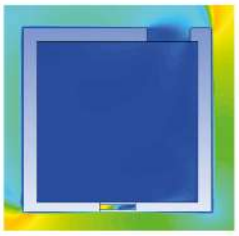
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

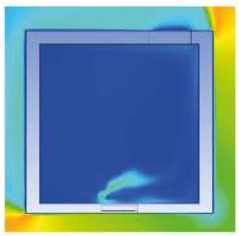
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,05 m/s

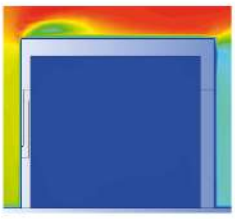
Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,20



Plano 4

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,01

Plano 5

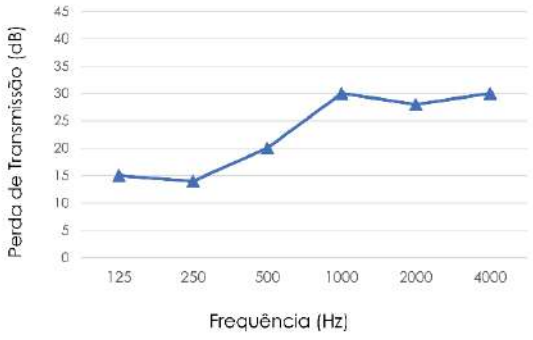
Velocidade do ar: 0,12 m/s

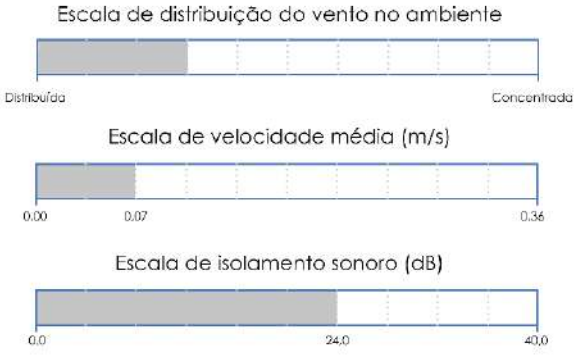
Desvio padrão 0,20

Plano 6

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,04



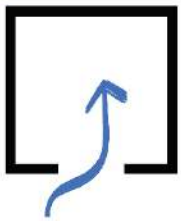


Considerações:

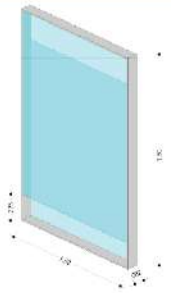
O mesmo fenômeno das duas incidências anteriores também ocorre aqui, o vento é direcionado pra cima e não se espalha pelo restante do ambiente. Aqui, a zona de baixa velocidade é ainda maior. A perda de transmissão é a mesma do componente 2c 180°.

Dados do Componente:

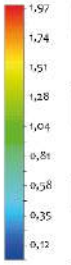
3a
180°



Incidência de vento
perpendicular à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0.60 m



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,16	0,12	0,08	0,08	0,09	0,06	0,04	0,13	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,09	0,06	0,07	0,08	0,11	0,03	0,14	0,14
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,13	0,14	0,02	0,15	0,14	0,03	0,15	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,11 m³/s

Número de Renovações/hora = 16

METODOLOGIA ASHRAE

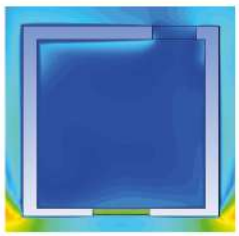
Vazão = 0,14 m³/s

Número de Renovações/hora = 21

Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

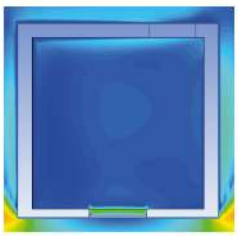
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10m/s

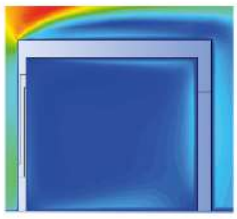
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

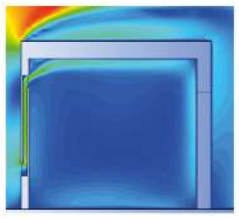
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 5

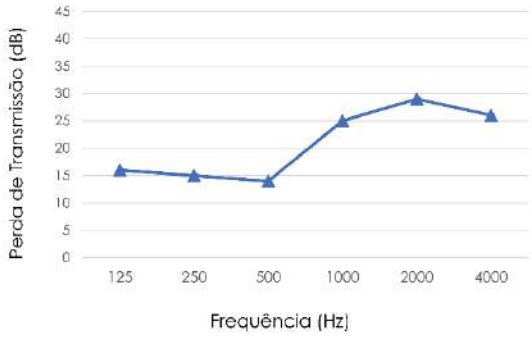
Velocidade do ar: 0,12 m/s

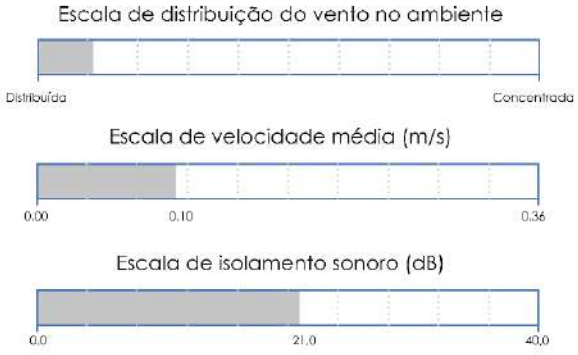
Desvio padrão 0,03

Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,03





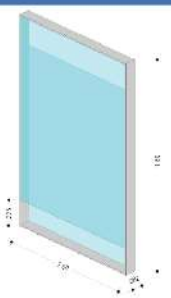
Considerações:

Neste componente, o fluxo de vento entra no ambiente e se concentra no teto, porém, é possível perceber que ele contorna a parede posterior, indo até o piso. Quanto à acústica, o sistema promove um R_w de 21 dB, e uma Classe de Transmissão Sonora (STC, do inglês, *Sound Transmission Class*) de 22 dB.

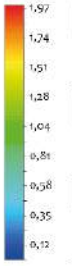
Dados do Componente:

3a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m



Velocidade (m/s)



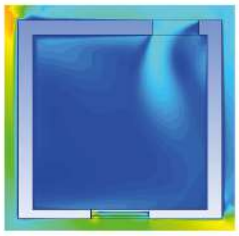
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,21	0,11	0,09	0,05	0,08	0,20	0,05	0,10	0,14
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,22	0,13	0,16	0,06	0,05	0,14	0,07	0,11	0,17
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,11	0,13	0,13	0,17	0,13	0,11	0,15	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

METODOLOGIA ASHRAE

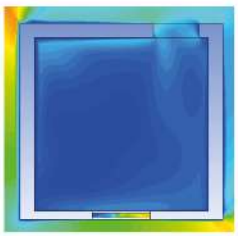
Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

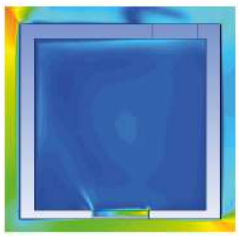
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,12 m/s

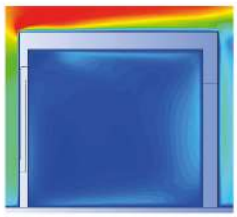
Desvio padrão 0,06



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

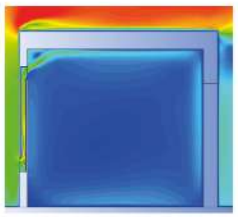
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

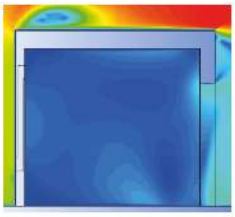
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

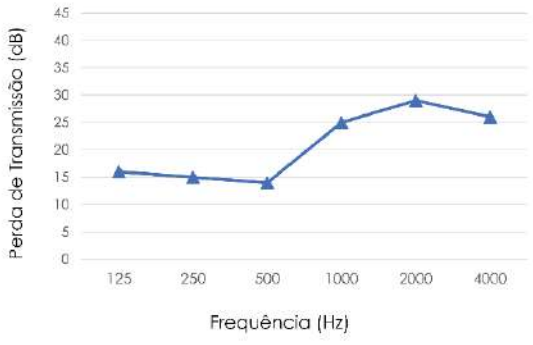
Desvio padrão 0,04

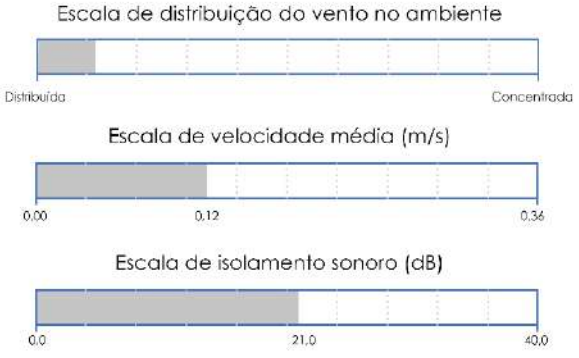


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,03



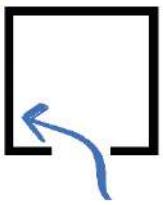


Considerações:

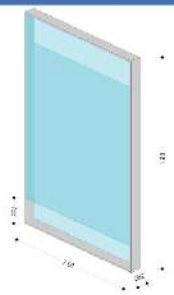
O vento que entra no componente incide na moldura lateral da câmara mudando a direção e incidindo na parede da esquerda. Dessa forma, o posicionamento da porta foi favorável, trazendo mais velocidade para os pontos de controle. A perda de transmissão sonora é a mesma do componente 3a 180°.

Dados do Componente:

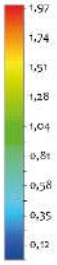
3a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m



Velocidade (m/s)



PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6	PC_7	PC_8	PC_9
0,16	0,10	0,16	0,04	0,09	0,11	0,08	0,11	0,08
PC_{10}	PC_{11}	PC_{12}	PC_{13}	PC_{14}	PC_{15}	PC_{16}	PC_{17}	PC_{18}
0,15	0,08	0,06	0,05	0,02	0,05	0,10	0,10	0,10
PC_{19}	PC_{20}	PC_{21}	PC_{22}	PC_{23}	PC_{24}	PC_{25}	PC_{26}	PC_{27}
0,09	0,07	0,14	0,07	0,10	0,15	0,10	0,10	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8

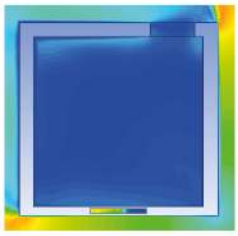
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 7

Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

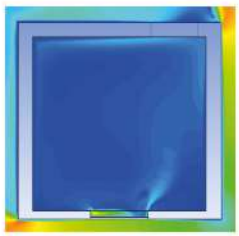
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 3

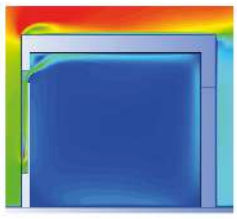
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 5

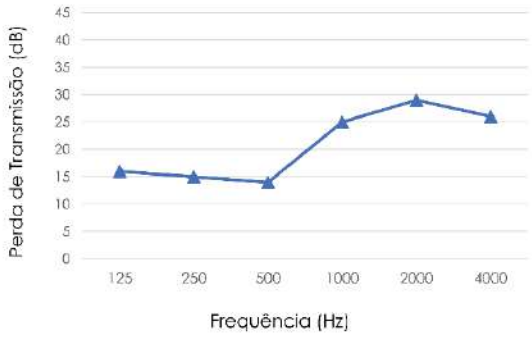
Velocidade do ar: 0,09 m/s

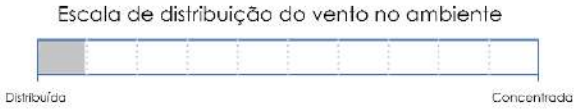
Desvio padrão 0,03

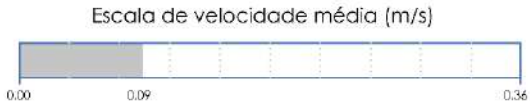
Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04





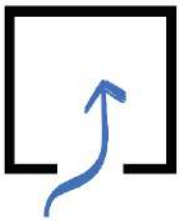


Considerações:

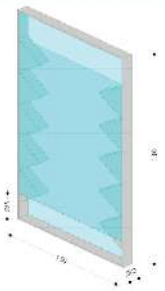
Ao contrário do que ocorreu no componente anterior (3a 225°), aqui o vento entra no ambiente subindo para a parede da direita e logo encontra a saída na parte superior da porta, trazendo pouca ventilação para o restante do ambiente. A perda de transmissão sonora é a mesma do componente 3a 180°.

Dados do Componente:

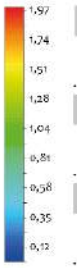
3b
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de blocos triangulares na moldura, mas sem inserção de rugosidade



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,15	0,09	0,10	0,09	0,06	0,07	0,04	0,09	0,12
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,15	0,07	0,09	0,08	0,07	0,09	0,04	0,09	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,09	0,04	0,13	0,09	0,03	0,11	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 2

Velocidade do ar: 0,09m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 3

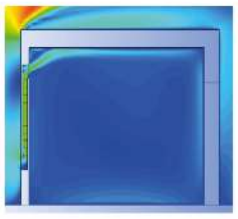
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 5

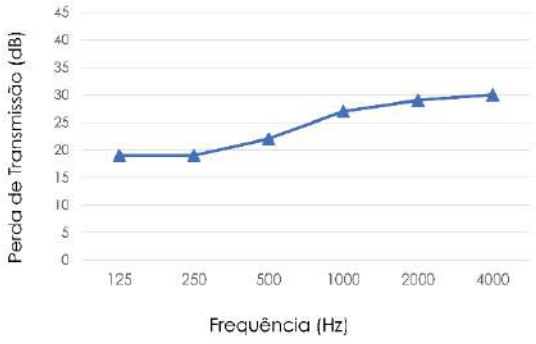
Velocidade do ar: 0,09 m/s

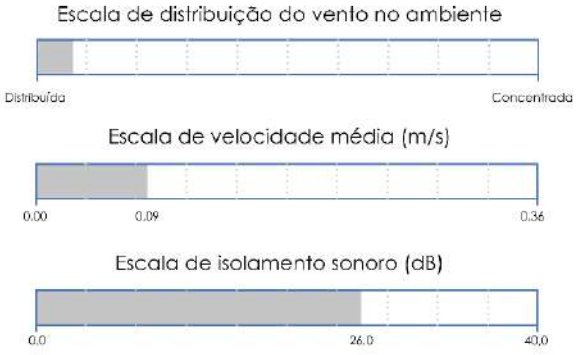
Desvio padrão 0,02

Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,02





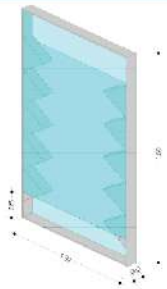
Considerações:

Neste componente, o fluxo de vento também entra no ambiente e se concentra no teto, sendo bem mais sutil o contorno na parede posterior. Quanto à acústica, a colocação dos blocos triangulares aumentou o R_w para 26 dB e também para 26 dB a STC.

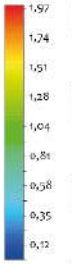
Dados do Componente:

3b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de blocos triangulares na moldura, mas sem inserção de rugosidade



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,10	0,03	0,05	0,06	0,04	0,05	0,07	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,16	0,08	0,05	0,06	0,03	0,03	0,06	0,08	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,06	0,06	0,08	0,10	0,05	0,08	0,11	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

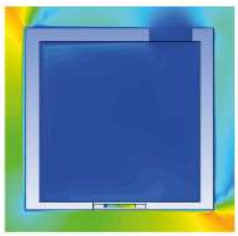
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

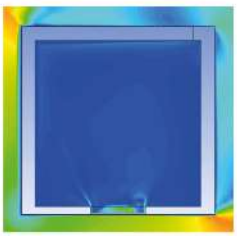
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,07 m/s

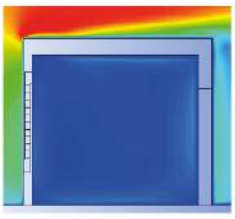
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

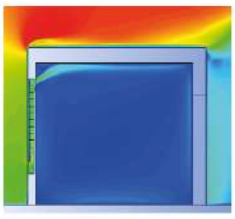
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

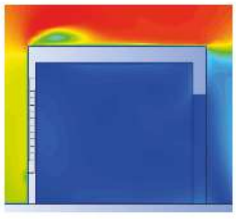
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,08 m/s

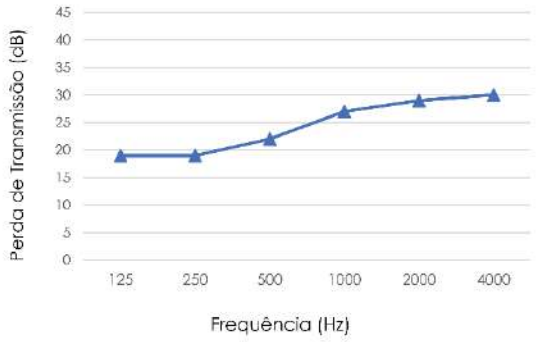
Desvio padrão 0,03

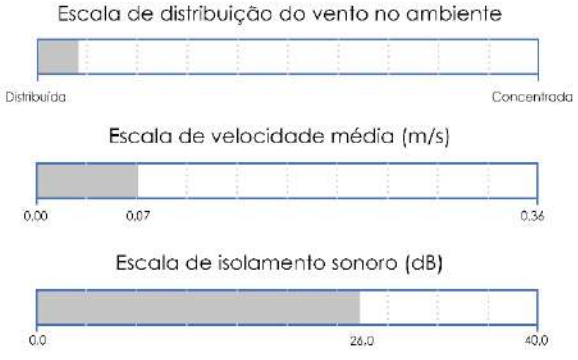


Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03



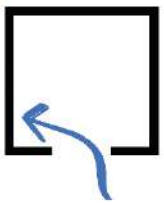


Considerações:

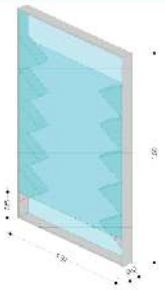
A inserção dos bloco triangulares reduz a velocidade do vento dentro da câmara do componente. Isso fica evidente observando o fluxo que entra no ambiente em comparação ao componente 2a 225°. A perda de transmissão sonora é a mesma do componente 3b 180°.

Dados do Componente:

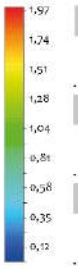
3b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de blocos triangulares na moldura, mas sem inserção de rugosidade



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,07	0,05	0,03	0,04	0,07	0,02	0,05	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,05	0,10	0,05	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,03	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03	0,11	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

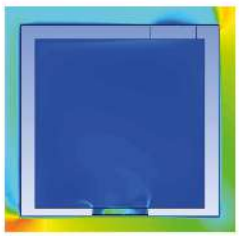
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 2

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 3

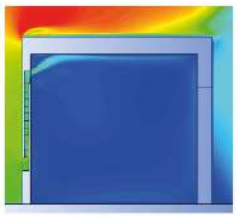
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

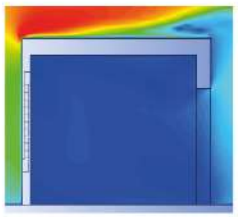
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,06 m/s

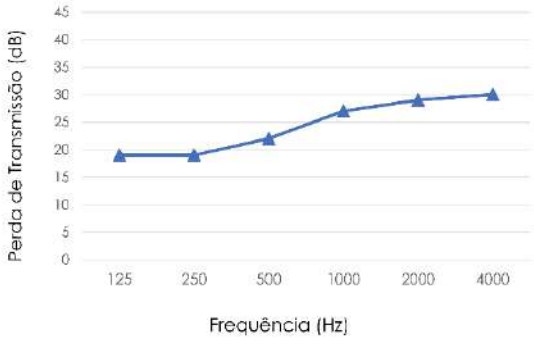
Desvio padrão 0,02



Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02



Escala de distribuição do vento no ambiente

Escala de velocidade média (m/s)

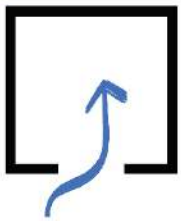
Escala de isolamento sonoro (dB)

Considerações:

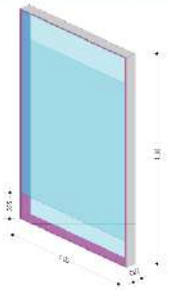
As velocidades no interior do ambiente proporcionadas por este componente são baixas, existindo um claro aumento da mancha de azul escuro em todos os planos. A perda de transmissão sonora é a mesma do componente 3b 180°.

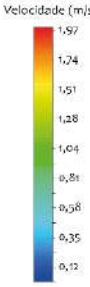
Dados do Componente:

3c
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de rugosidade na moldura interna do componente





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,17	0,11	0,10	0,07	0,09	0,06	0,04	0,13	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,09	0,05	0,07	0,07	0,11	0,03	0,14	0,14
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,13	0,15	0,03	0,14	0,14	0,04	0,15	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16

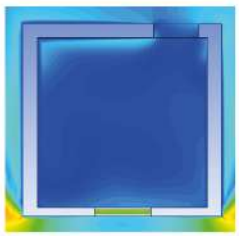
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21

Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 3

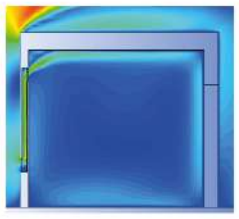
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 5

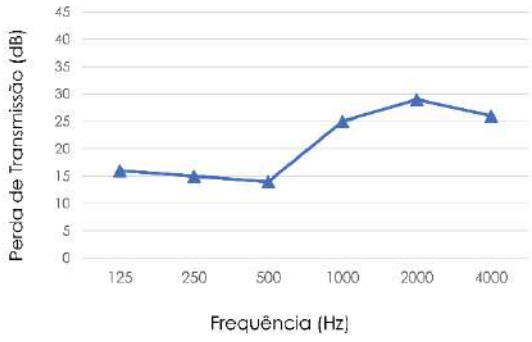
Velocidade do ar: 0,12 m/s

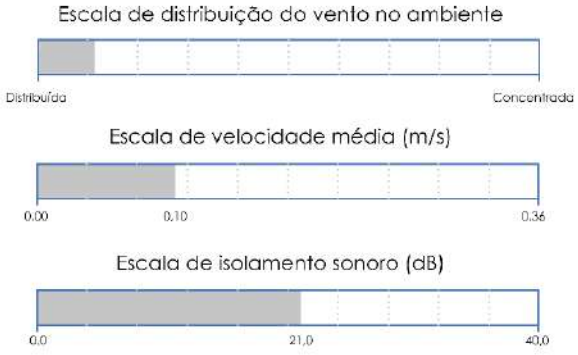
Desvio padrão 0,03

Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,04





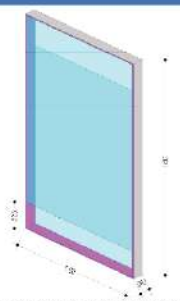
Considerações:

A inclusão de rugosidade na moldura interna não trouxe diferenças em nenhum aspecto avaliado entre este componente e o componente 3a 180°. É possível perceber que inclusive os valores de vazão nos dois métodos avaliados são iguais. O componente 3a 180° possui também as mesmas características quanto à PT.

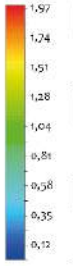
Dados do Componente:

3c
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de rugosidade na moldura interna do componente



Velocidade (m/s)



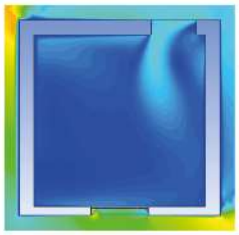
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,21	0,12	0,10	0,05	0,08	0,20	0,05	0,10	0,14
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,22	0,13	0,15	0,06	0,05	0,14	0,07	0,11	0,17
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,11	0,14	0,13	0,17	0,14	0,11	0,15	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 10

METODOLOGIA ASHRAE

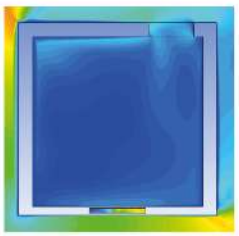
Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

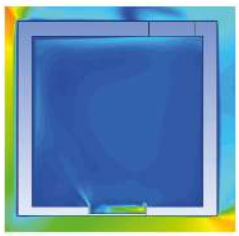
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,12 m/s

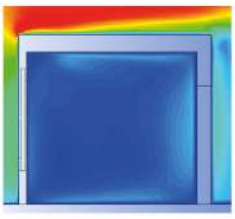
Desvio padrão 0,06



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

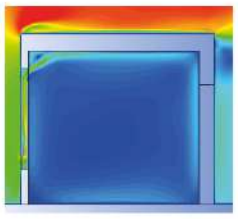
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

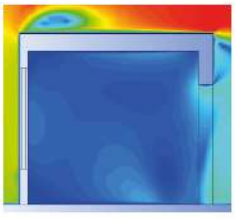
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

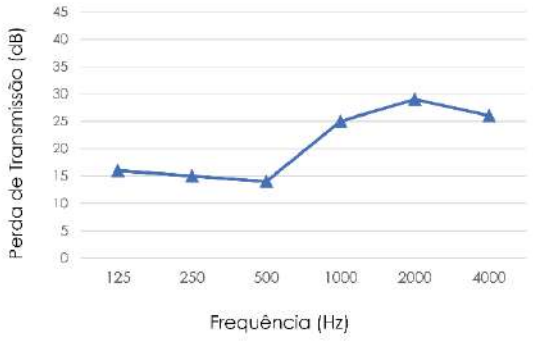
Desvio padrão 0,04

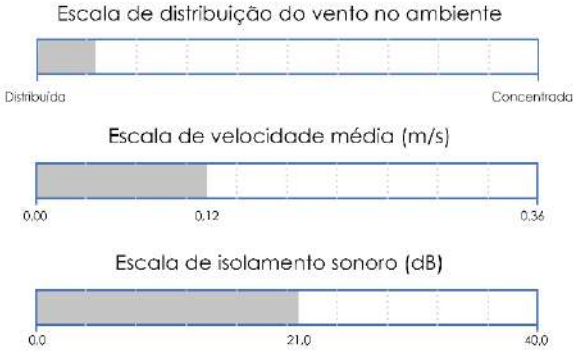


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,03



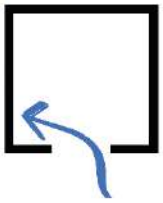


Considerações:

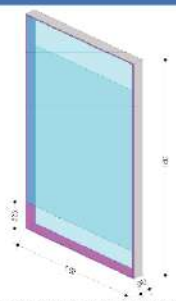
A inclusão de rugosidade na moldura interna não trouxe diferenças em nenhum aspecto avaliado entre este componente e o componente 3a 225°. É possível perceber que inclusive os valores de vazão nos dois métodos avaliados são iguais.

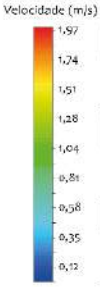
Dados do Componente:

3c
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de rugosidade na moldura interna do componente





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,11	0,09	0,12	0,03	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,11	0,04	0,11	0,04	0,06	0,10	0,02	0,06	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,04	0,11	0,06	0,07	0,13	0,04	0,11	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 7

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

Plano 1

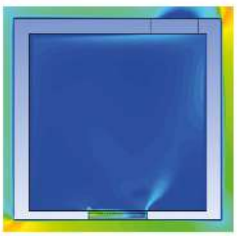
Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 2

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 5

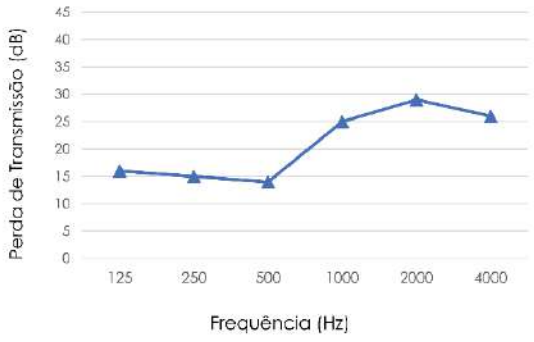
Velocidade do ar: 0,06 m/s

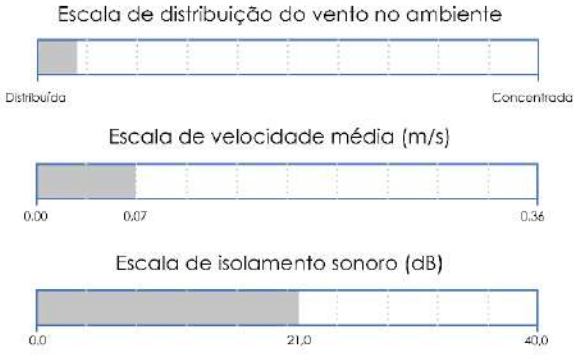
Desvio padrão 0,02

Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03



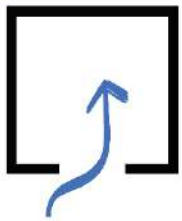


Considerações:

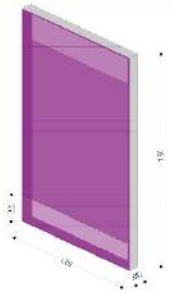
A inclusão de rugosidade na moldura interna não trouxe diferenças significativas nos aspectos aqui avaliados, comparando-se este componente e o componente 3a 135°. É possível perceber que os valores de vazão nos dois métodos avaliados são muito próximos.

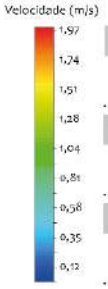
Dados do Componente:

3d
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de rugosidade na moldura interna e em toda extensão das placas





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,17	0,11	0,10	0,07	0,07	0,08	0,03	0,11	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,09	0,04	0,07	0,07	0,12	0,03	0,10	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,14	0,14	0,03	0,13	0,12	0,07	0,12	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 13

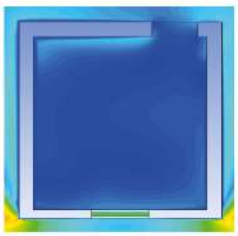
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,12 m³/s
Número de Renovações/hora = 17

Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 3

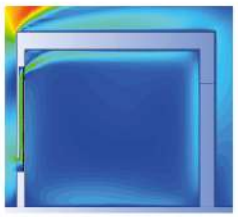
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 5

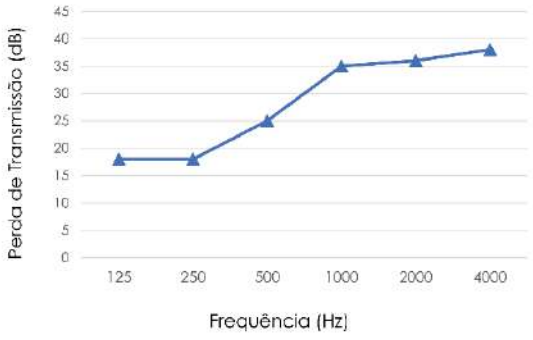
Velocidade do ar: 0,10 m/s

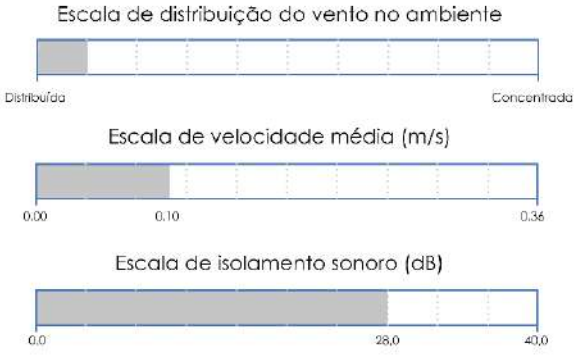
Desvio padrão 0,02

Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,03





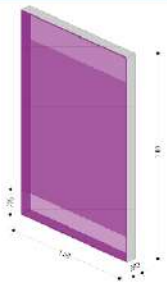
Considerações:

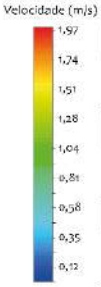
A inclusão de rugosidade na moldura interna e na extensão trouxe pequenas diferenças, porém não significativas. Percebe-se aqui um sutil aumento da área de baixa velocidade em comparação ao componentes 3a 180° e 3c 180°. Entretanto, O R_w aumentou para 28 dB, com um STC de 31 dB.

Dados do Componente:

3d
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de rugosidade na moldura interna e em toda extensão das placas





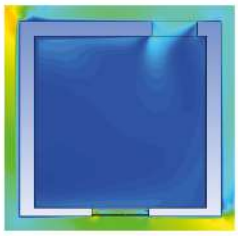
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,18	0,10	0,05	0,06	0,09	0,09	0,04	0,09	0,15
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,19	0,09	0,09	0,04	0,02	0,06	0,04	0,10	0,16
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,10	0,10	0,08	0,15	0,11	0,10	0,12	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

METODOLOGIA ASHRAE

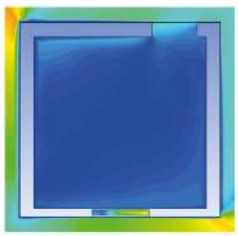
Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,06

Plano 3

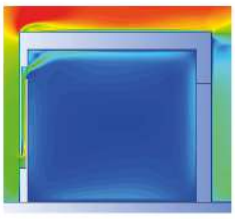
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 5

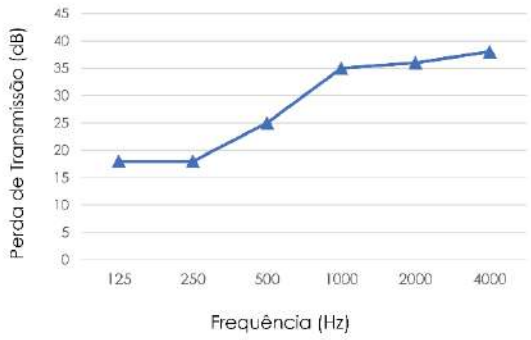
Velocidade do ar: 0,10 m/s

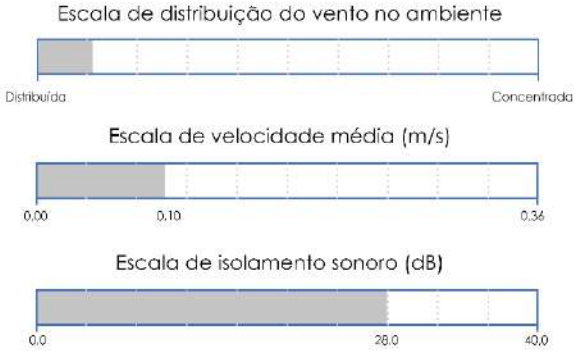
Desvio padrão 0,03

Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04



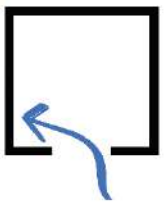


Considerações:

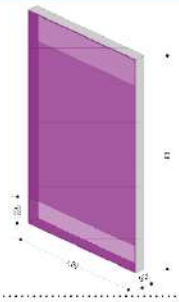
A inclusão de rugosidade na moldura interna e na extensão trouxe pequenas diferenças, principalmente na avaliação qualitativa. Percebe-se aqui um aumento da área de baixa velocidade em comparação ao componentes 3a 225° e 3c 225°.

Dados do Componente:

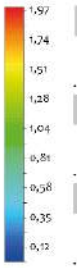
3d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de rugosidade na moldura interna e em toda extensão das placas



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,10	0,17	0,01	0,05	0,05	0,02	0,06	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,06	0,10	0,03	0,06	0,07	0,02	0,05	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,04	0,12	0,05	0,08	0,11	0,01	0,07	0,03

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 2

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 3

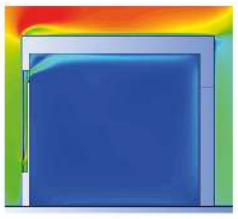
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 4

Velocidade do ar: 0,04 m/s

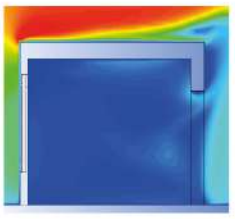
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,06 m/s

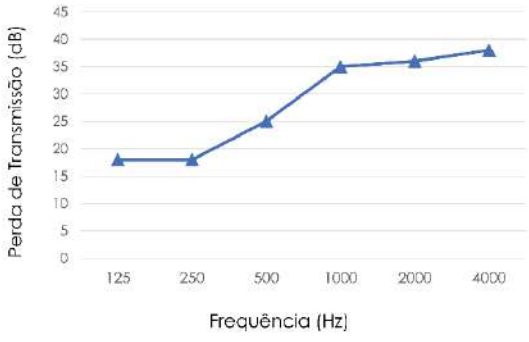
Desvio padrão 0,02

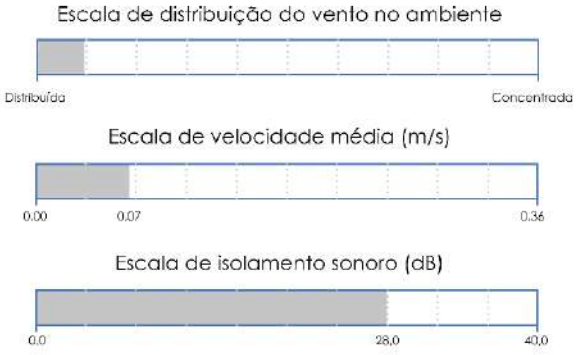


Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,04



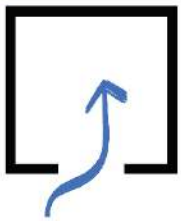


Considerações:

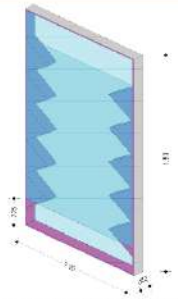
A inclusão de rugosidade na moldura interna e na extensão trouxe pequenas diferenças, principalmente na avaliação qualitativa. Percebe-se aqui um aumento da área de baixa velocidade em comparação ao componentes 3a 135° e 3c 135°.

Dados do Componente:

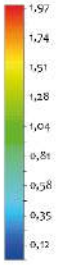
3e
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de blocos triangulares na moldura, com inserção de rugosidade



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,14	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,05	0,09	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,14	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,05	0,09	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,09	0,06	0,05	0,13	0,07	0,03	0,11	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

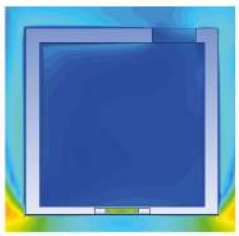
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 11

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,09m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 5

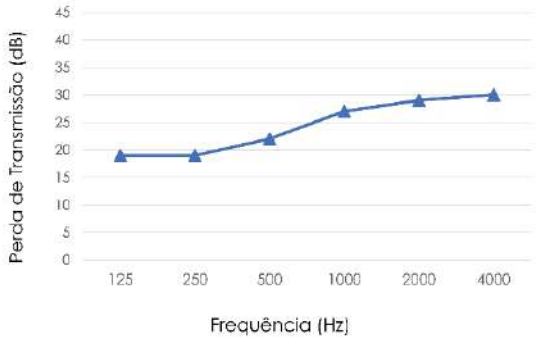
Velocidade do ar: 0,09 m/s

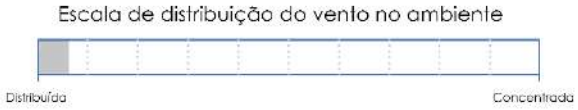
Desvio padrão 0,02

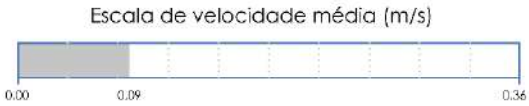
Plano 6

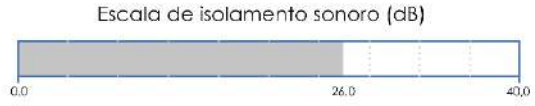
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02









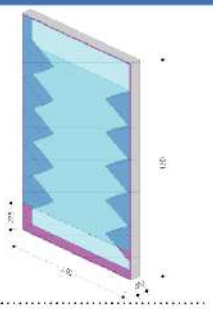
Considerações:

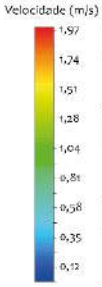
As diferenças entre este componente e o 3b 180° foram muito sutis e quase imperceptíveis. Os valores de vazão também foram iguais nos dois métodos avaliados.

Dados do Componente:

3e
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de blocos triangulares na moldura, com inserção de rugosidade





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,10	0,03	0,05	0,06	0,04	0,05	0,07	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,08	0,05	0,06	0,03	0,03	0,06	0,08	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,06	0,06	0,09	0,11	0,06	0,08	0,10	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

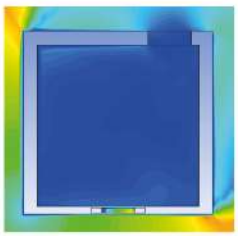
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

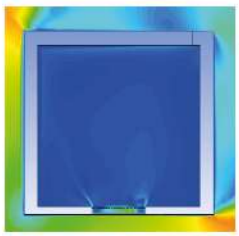
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 5

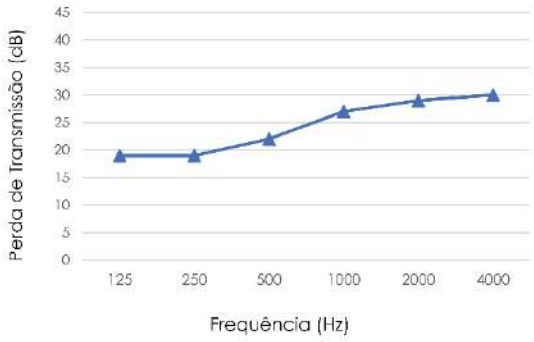
Velocidade do ar: 0,08 m/s

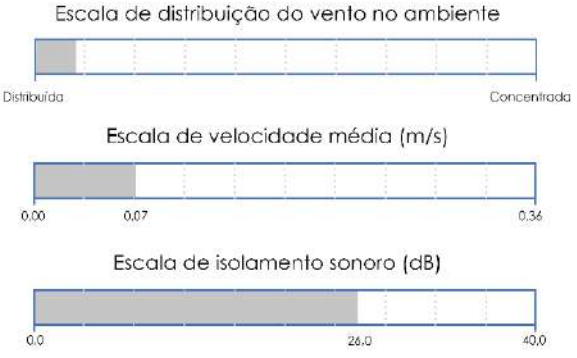
Desvio padrão 0,03

Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03



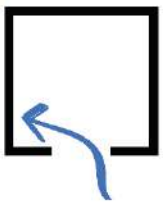


Considerações:

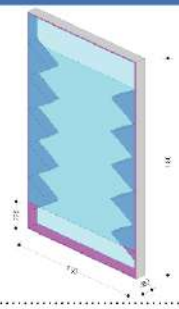
A inserção da rugosidade nos blocos triangulares, para esta incidência, não provocou alterações visíveis nos fluxos de vento, quando comparados ao componente com os blocos, mas sem rugosidade, 3b 225°.

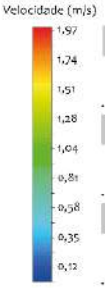
Dados do Componente:

3e
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,082 m
Altura: 1,80 m
Aberturas: 0,225 x 1,00 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,60 m
Inserção de blocos triangulares na moldura, com inserção de rugosidade





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,08	0,06	0,03	0,05	0,08	0,02	0,05	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,05	0,12	0,05	0,07	0,09	0,07	0,06	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,03	0,06	0,05	0,08	0,05	0,03	0,10	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora =3

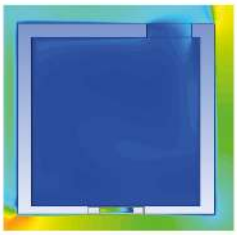
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

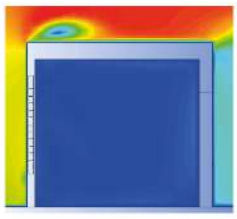
Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 3

Velocidade do ar: 0,06 m/s

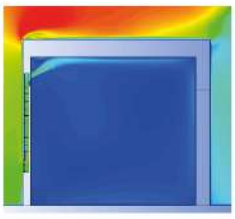
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

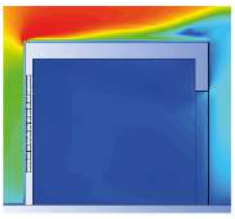
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,06 m/s

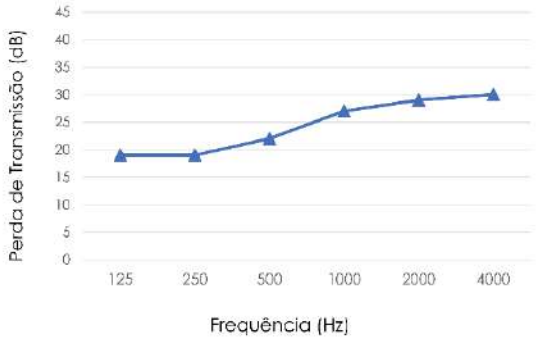
Desvio padrão 0,02

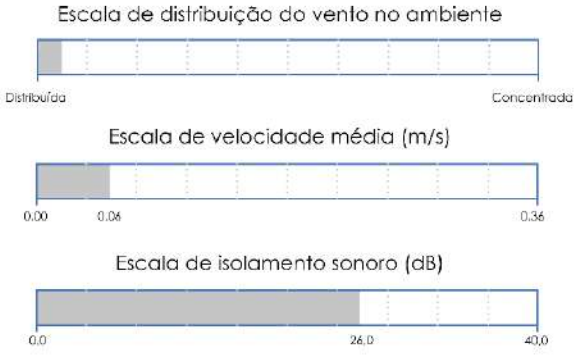


Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



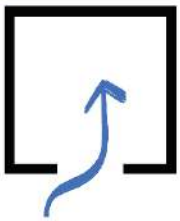


Considerações:

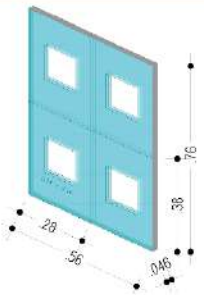
As diferenças entre este componente e o 3b 135° foram sutis e quase imperceptíveis. Aqui, existe uma pequena diminuição da área marcada pelo azul mais escuro.

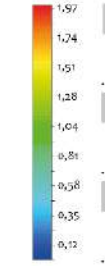
Dados do Componente:

4a
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,14 x 0,14 m
Quantidade de aberturas: 4
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si

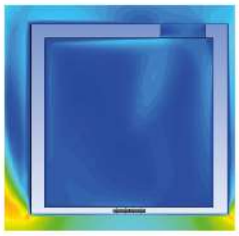




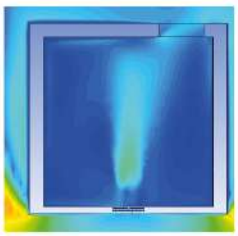
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,10	0,12	0,09	0,09	0,11	0,14	0,08	0,08
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,05	0,33	0,12	0,09	0,55	0,04	0,07	0,40	0,09
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,06	0,09	0,08	0,12	0,10	0,06	0,12	0,06	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16



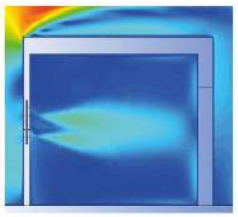
Plano 1
Velocidade do ar: 0,10 m/s
Desvio padrão 0,03



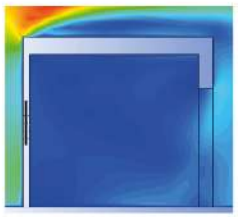
Plano 2
Velocidade do ar: 0,19m/s
Desvio padrão 0,19

Plano 3
Velocidade do ar: 0,08 m/s
Desvio padrão 0,03

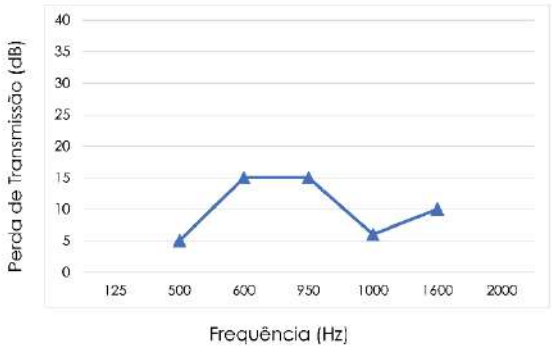
Plano 4
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,03

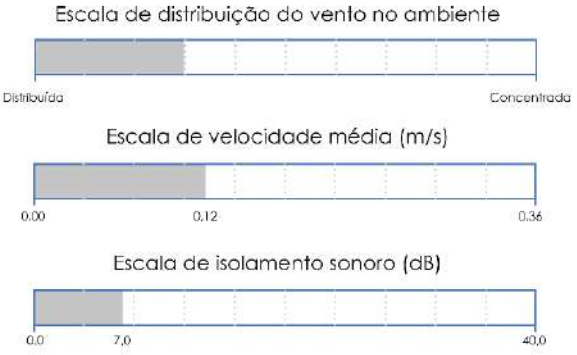


Plano 5
Velocidade do ar: 0,20 m/s
Desvio padrão 0,18



Plano 6
Velocidade do ar: 0,08 m/s
Desvio padrão 0,03





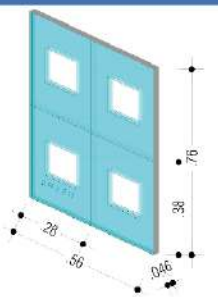
Considerações:

É possível notar que as velocidades mais altas se concentram na parte central do ambiente, nos pontos de controle 11, 14 e 17 nos planos 2 e 5. Quanto ao desempenho acústico, os autores não divulgam resultados para todas as frequências. Entre 600 e 950 Hz, o componente isola 15 dB. Calculou-se aqui um R_w de 7 dB.

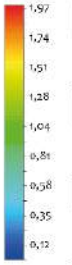
Dados do Componente:

4a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,14 x 0,14 m
Quantidade de aberturas: 4
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,13	0,18	0,08	0,04	0,04	0,05	0,05	0,02
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,09	0,03	0,10	0,05	0,04	0,07	0,27	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,12	0,16	0,11	0,06	0,06	0,07	0,09	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 2

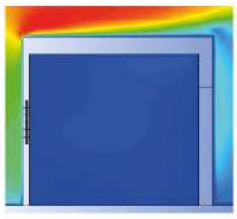
Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

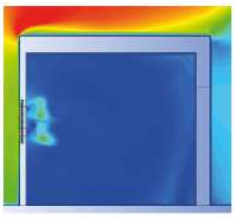
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 5

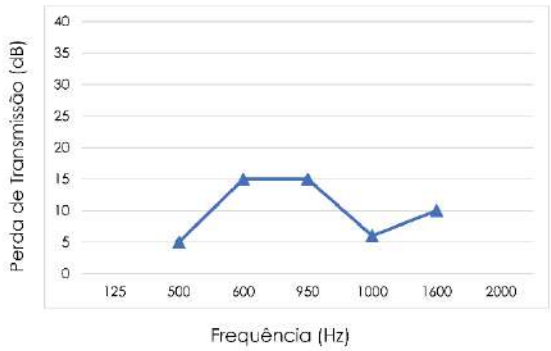
Velocidade do ar: 0,10 m/s

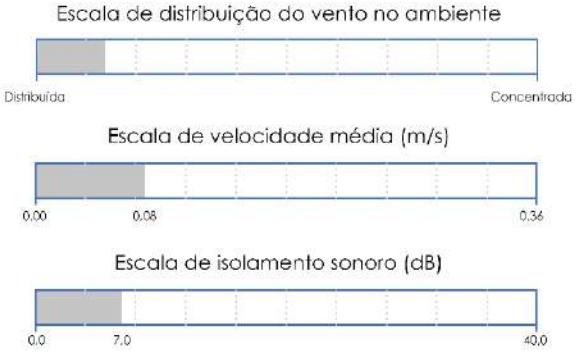
Desvio padrão 0,07

Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,06



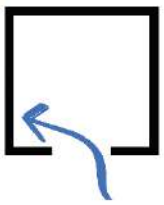


Considerações:

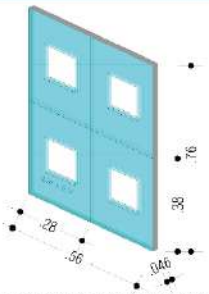
Aqui, a incidência faz com que o vento perca velocidade entre as placas, entrando em jato no ambiente, que é direcionado para a saída.

Dados do Componente:

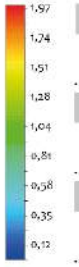
4a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,14 x 0,14 m
Quantidade de aberturas: 4
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,08	0,05	0,12	0,13	0,06	0,10	0,10	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,11	0,04	0,03	0,06	0,13	0,05	0,08	0,21	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,02	0,06	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,03

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora =4

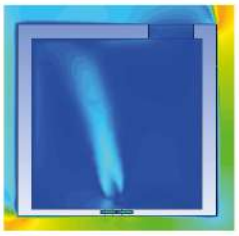
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,06

Plano 3

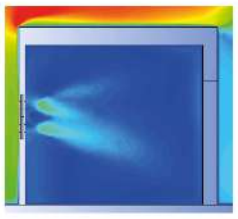
Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 5

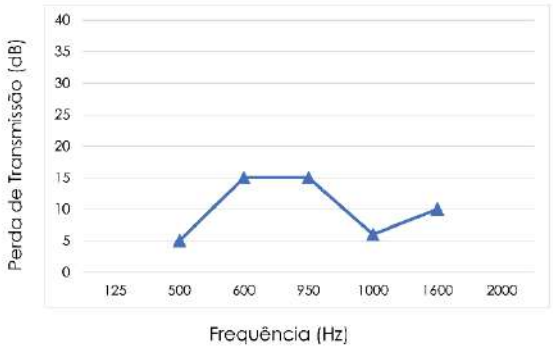
Velocidade do ar: 0,09 m/s

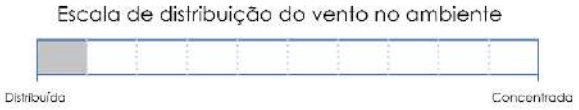
Desvio padrão 0,06

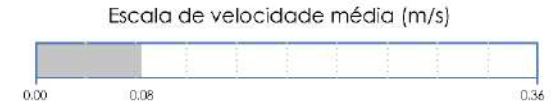
Plano 6

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,01





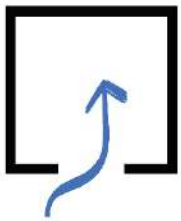


Considerações:

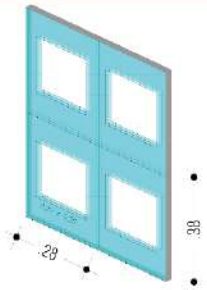
Aqui, ocorre a mesma redução da velocidade no espaço entre as placas que ocorre com o componente 4a 225°, porém o posicionamento da porta é favorável para o aumento da área de maior velocidade. A questão acústica já foi abordada no componente 4a 180°.

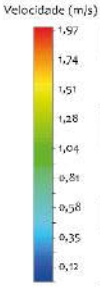
Dados do Componente:

4b
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 4
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si





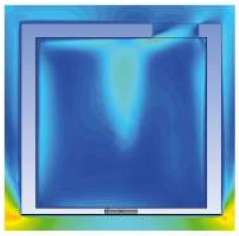
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,57	0,09	0,19	0,36	0,12	0,12	0,10	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,22	0,14	0,10	0,60	0,16	0,18	0,70	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,11	0,04	0,17	0,11	0,13	0,10	0,16	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 26

METODOLOGIA ASHRAE

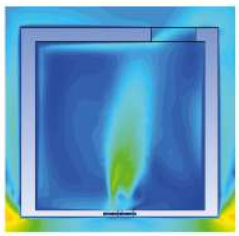
Vazão = 0,22 m³/s
Número de Renovações/hora = 33



Plano 1

Velocidade do ar: 0,19 m/s

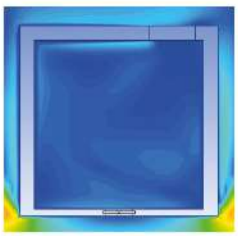
Desvio padrão 0,17



Plano 2

Velocidade do ar: 0,25m/s

Desvio padrão 0,23



Plano 3

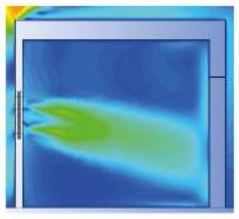
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 5

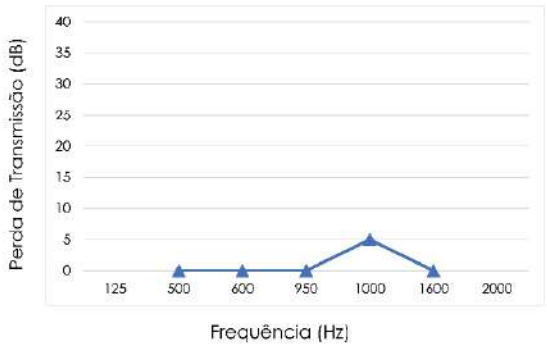
Velocidade do ar: 0,33 m/s

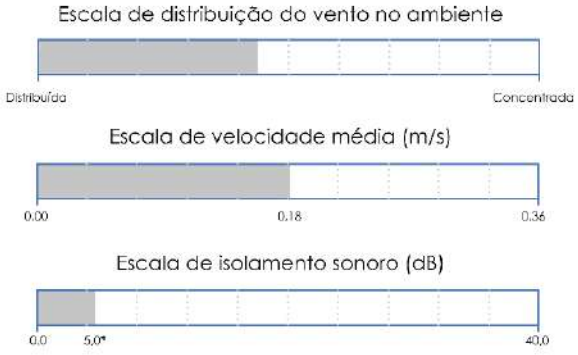
Desvio padrão 0,24

Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,03





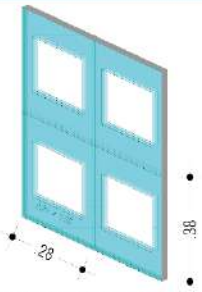
Considerações:

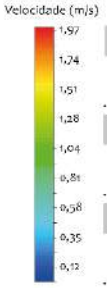
O componente proporciona uma ventilação alta, principalmente na parte central do ambiente, abrangendo ainda o plano 1, na parte mais baixa. Quanto à acústica, é claro o paradoxo com a ventilação. Para a frequência de 1000 Hz, o componente isola apenas 5 dB, ou seja, 2 dB a mais que a Tipologia base.

Dados do Componente:

4b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 4
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si





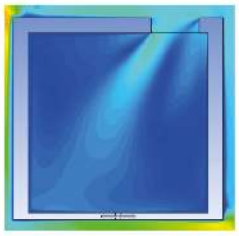
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,07	0,10	0,22	0,08	0,28	0,06	0,20	0,17	0,05
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,05	0,64	0,10	0,10	0,15	0,21	0,76	0,03
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,02	0,13	0,12	0,03	0,04	0,13	0,08	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

METODOLOGIA ASHRAE

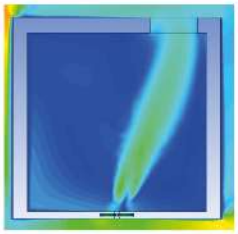
Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,24 m/s

Desvio padrão 0,27

Plano 3

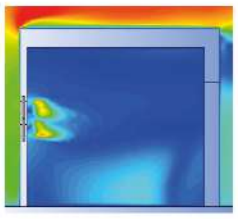
Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

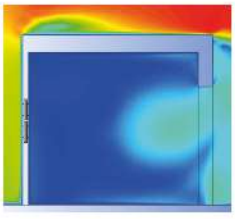
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,18 m/s

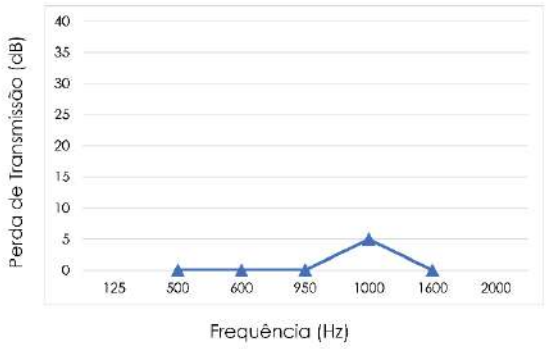
Desvio padrão 0,23

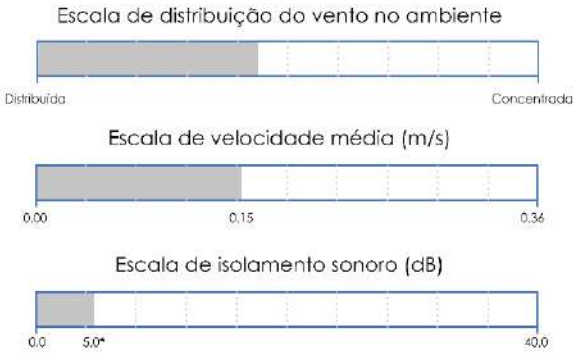


Plano 6

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,19



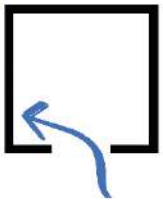


Considerações:

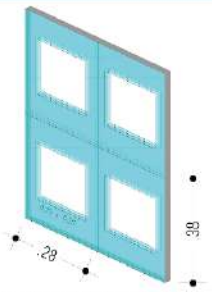
A abertura maior faz com que o fluxo entre no ambiente em maior velocidade. Devido à incidência e ao posicionamento da porta, o fluxo é concentrado no caminho direto entre a entrada e a saída. Acusticamente, este componente é igual ao 4b 180°.

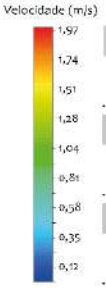
Dados do Componente:

4b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 4
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,07	0,05	0,19	0,27	0,11	0,17	0,16	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,16	0,13	0,11	0,09	0,05	0,09	0,13	0,45	0,08
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,07	0,04	0,11	0,10	0,06	0,10	0,09	0,06

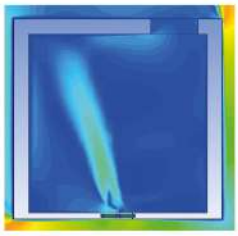
METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

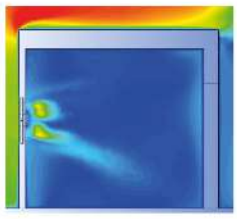
Plano 1
Velocidade do ar: 0,14 m/s
Desvio padrão 0,07



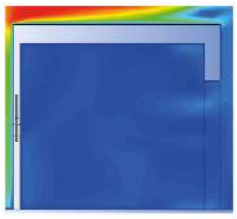
Plano 2
Velocidade do ar: 0,14 m/s
Desvio padrão 0,12

Plano 3
Velocidade do ar: 0,08 m/s
Desvio padrão 0,02

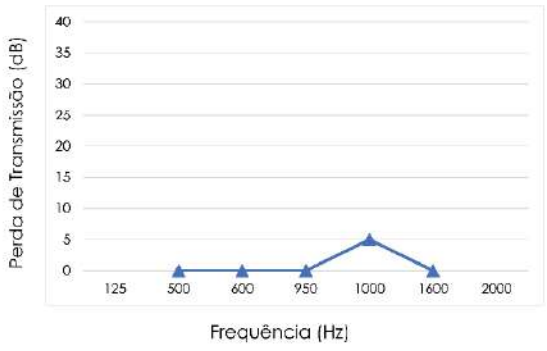
Plano 4
Velocidade do ar: 0,13 m/s
Desvio padrão 0,04

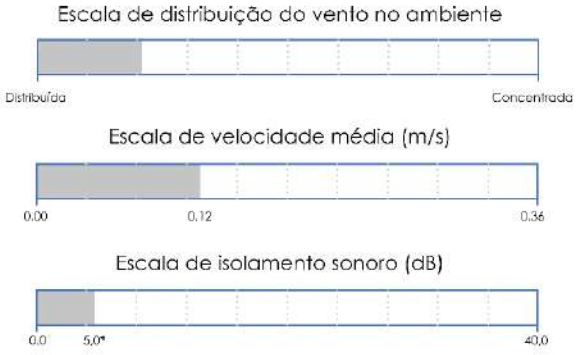


Plano 5
Velocidade do ar: 0,15 m/s
Desvio padrão 0,13



Plano 6
Velocidade do ar: 0,08 m/s
Desvio padrão 0,03



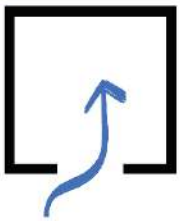


Considerações:

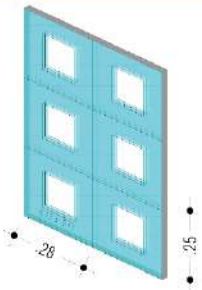
Aqui, como a posição da porta não está a favor da incidência, o fluxo de vento se distribui mais entre os outros planos, apesar da maior concentração no plano 2. Entretanto, as velocidades em determinados pontos são um pouco mais baixas quando comparadas às outras duas incidências.

Dados do Componente:

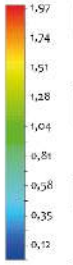
4c
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,13 x 0,13 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



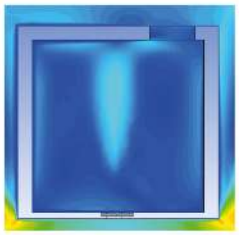
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,40	0,13	0,10	0,43	0,11	0,08	0,06	0,12
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,21	0,10	0,15	0,44	0,07	0,14	0,37	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,11	0,12	0,18	0,11	0,16	0,13	0,17	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16

METODOLOGIA ASHRAE

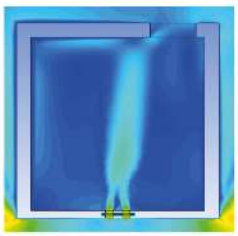
Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21



Plano 1

Velocidade do ar: 0,17 m/s

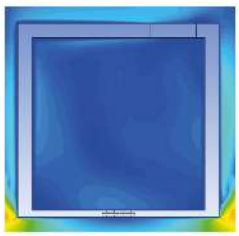
Desvio padrão 0,14



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19m/s

Desvio padrão 0,13



Plano 3

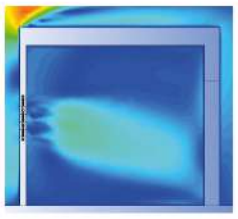
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 5

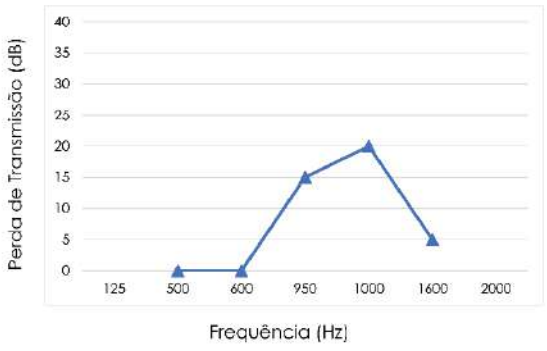
Velocidade do ar: 0,26 m/s

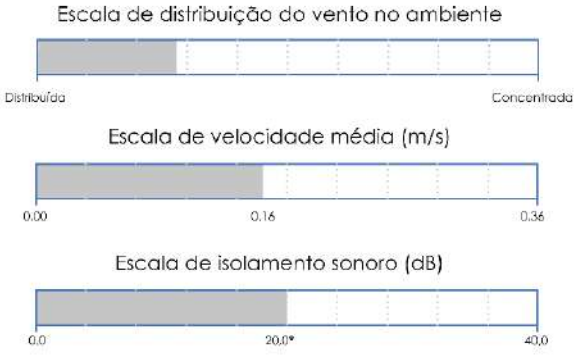
Desvio padrão 0,15

Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,02





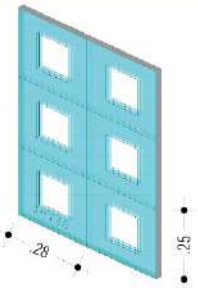
Considerações:

O componente, assim como o 4b, proporciona uma boa ventilação, principalmente na parte central do ambiente, abrangendo ainda o plano 1, na parte mais baixa. Quanto à acústica, com a diminuição das aberturas, o isolamento aumenta para 20 dB em 1000 Hz.

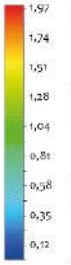
Dados do Componente:

4c
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,13 x 0,13 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



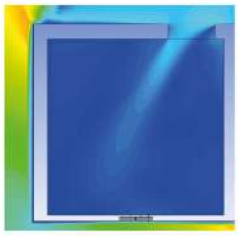
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,11	0,08	0,04	0,19	0,03	0,03	0,08	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,19	0,19	0,05	0,13	0,18	0,07	0,80	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,04	0,04	0,08	0,05	0,08	0,02	0,06	0,13	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 5

METODOLOGIA ASHRAE

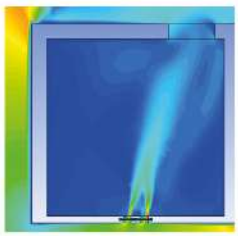
Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4



Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 2

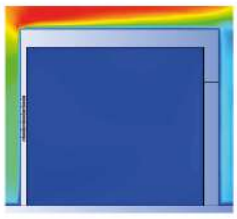
Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,24

Plano 3

Velocidade do ar: 0,07 m/s

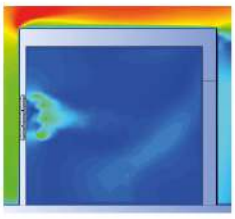
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 5

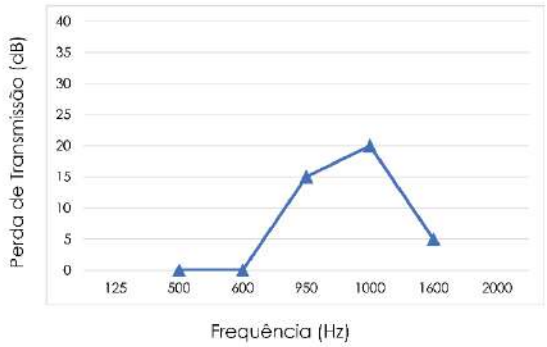
Velocidade do ar: 0,19 m/s

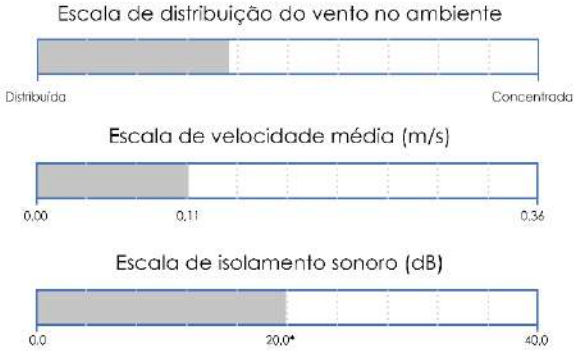
Desvio padrão 0,23

Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,06



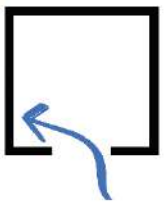


Considerações:

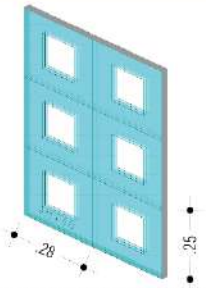
A redução no tamanho das aberturas provoca uma clara redução na velocidade do fluxo que entra no ambiente, isso porque essa velocidade é reduzida no espaço entre as placas.

Dados do Componente:

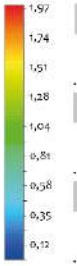
4c
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,13 x 0,13 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,08	0,10	0,06	0,07	0,10	0,05	0,03	0,05
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,23	0,04	0,06	0,36	0,07	0,09	0,52	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,18	0,07	0,07	0,19	0,05	0,05	0,08	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

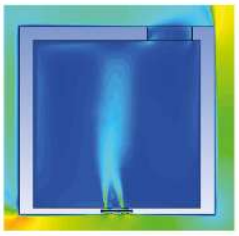
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

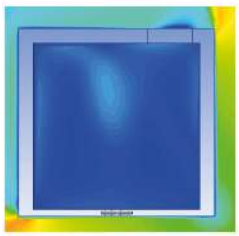
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

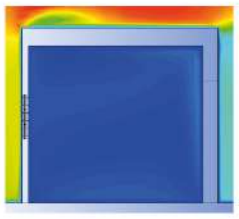
Desvio padrão 0,17



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

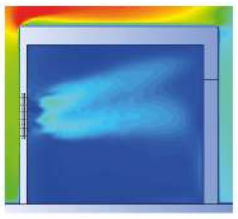
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 5

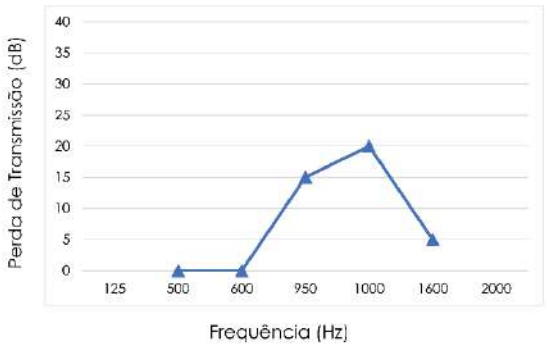
Velocidade do ar: 0,19 m/s

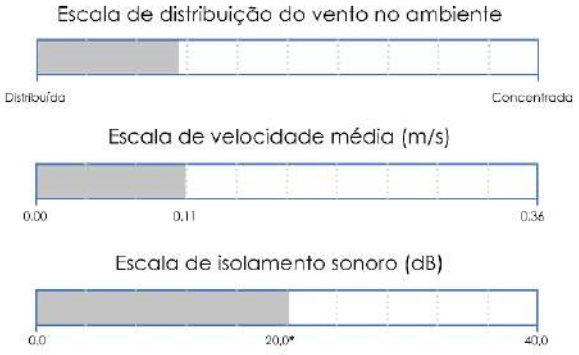
Desvio padrão 0,16

Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



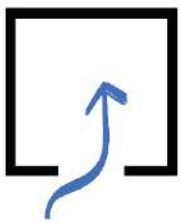


Considerações:

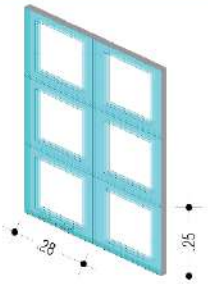
Nesta incidência, também é possível observar a redução na velocidade do fluxo que entra no ambiente, devido à abertura menor, a qual faz com que a velocidade seja reduzida no espaço entre as placas.

Dados do Componente:

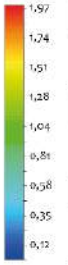
4d
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,19 x 0,19 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



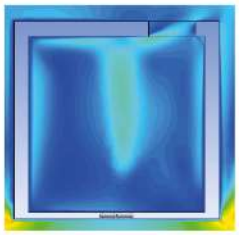
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,58	0,17	0,17	0,56	0,16	0,08	0,14	0,14
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,03	0,24	0,21	0,09	0,71	0,17	0,19	0,86	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,21	0,12	0,18	0,14	0,15	0,12	0,20	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,23 m³/s
Número de Renovações/hora = 35

METODOLOGIA ASHRAE

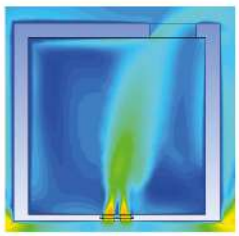
Vazão = 0,30 m³/s
Número de Renovações/hora = 45



Plano 1

Velocidade do ar: 0,23 m/s

Desvio padrão 0,20



Plano 2

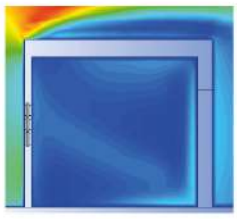
Velocidade do ar: 0,28m/s

Desvio padrão 0,29

Plano 3

Velocidade do ar: 0,15 m/s

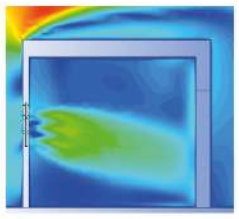
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

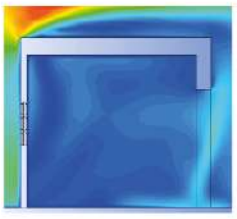
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,40 m/s

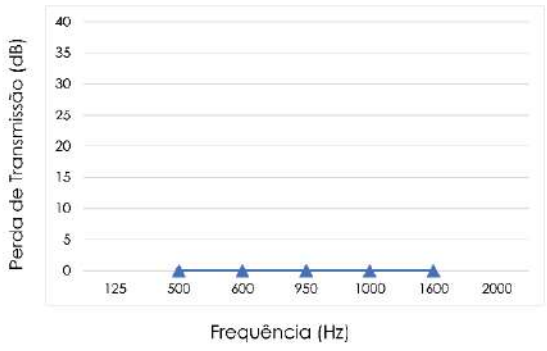
Desvio padrão 0,27

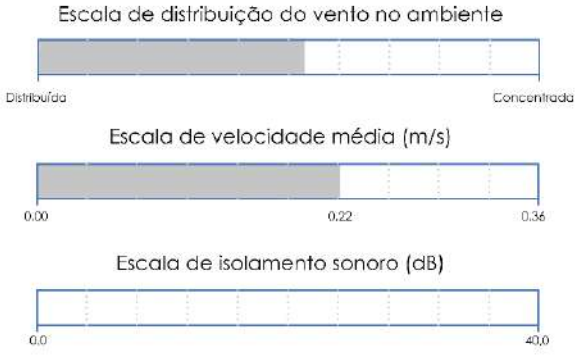


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,05





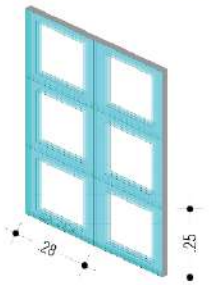
Considerações:

Este componente proporciona boa ventilação ao ambiente, comparado a outros componentes estudados, principalmente na parte central do ambiente. Entretanto, a parte acústica é prejudica pela dimensão das aberturas. De acordo com os autores, o isolamento fica abaixo de 5 dB em todas as frequências analisadas.

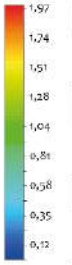
Dados do Componente:

4d
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,19 x 0,19 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



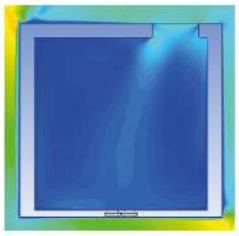
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,06	0,17	0,05	0,17	0,04	0,11	0,17	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,08	0,49	0,06	0,10	0,05	0,11	0,96	0,12
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,04	0,04	0,16	0,03	0,09	0,11	0,06	0,12	0,08

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 14

METODOLOGIA ASHRAE

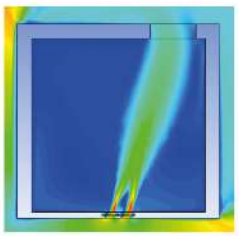
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,23 m/s

Desvio padrão 0,31

Plano 3

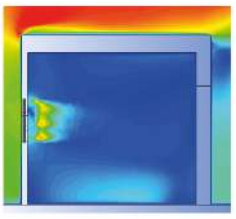
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

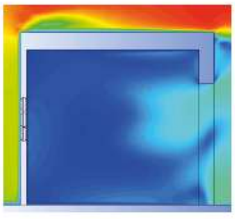
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,20 m/s

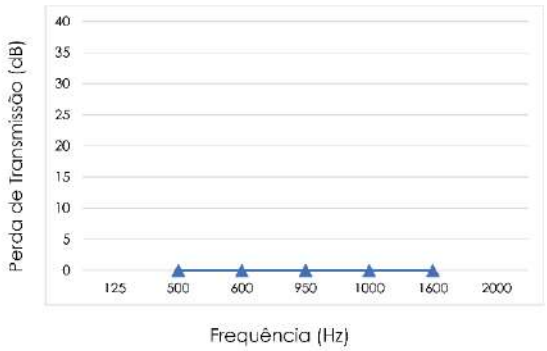
Desvio padrão 0,29

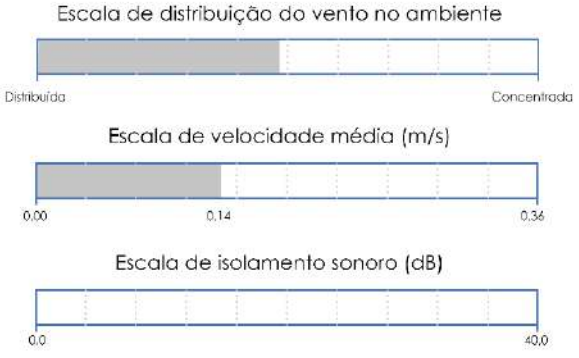


Plano 6

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,14



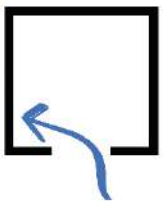


Considerações:

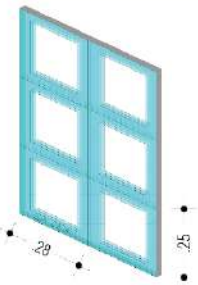
O aumento do tamanho das aberturas faz com que um jato bem delimitado, de velocidade mais alta, entre no ambiente, direcionando-se diretamente para a porta.

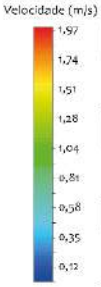
Dados do Componente:

4d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,19 x 0,19 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,12	0,09	0,02	0,10	0,05	0,12	0,13	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,11	0,35	0,10	0,06	0,34	0,07	0,15	0,37	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,15	0,12	0,18	0,18	0,22	0,05	0,17	0,11	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 7

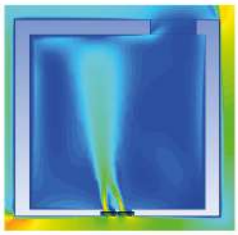
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,13

Plano 3

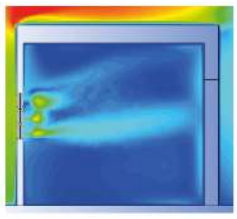
Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

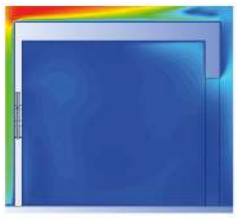
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,21 m/s

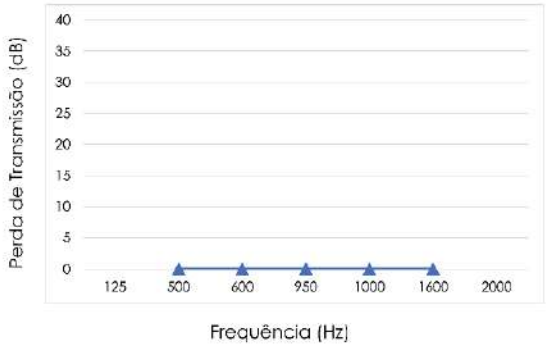
Desvio padrão 0,12

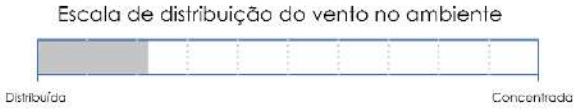


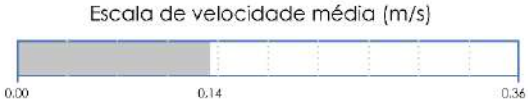
Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04





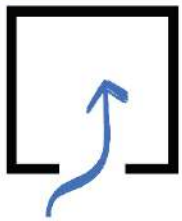


Considerações:

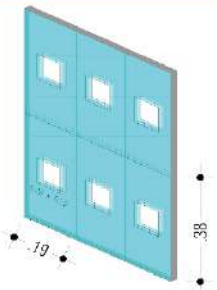
Nesta incidência, também é possível observar um aumento na velocidade do fluxo que entra no ambiente. Porém, devido à abertura de saída ser oposta a incidência, há uma maior distribuição de vento em outros planos.

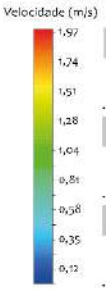
Dados do Componente:

4e
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,09 x 0,09 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si

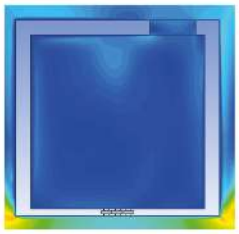




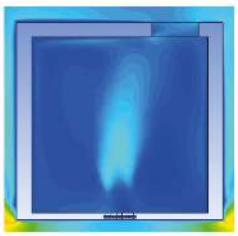
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,25	0,11	0,06	0,06	0,06	0,09	0,07	0,04
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,19	0,06	0,08	0,42	0,09	0,10	0,12	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,05	0,02	0,05	0,04	0,06	0,03	0,07	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 7

METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

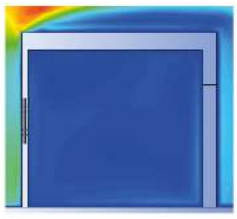


Plano 1
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,06

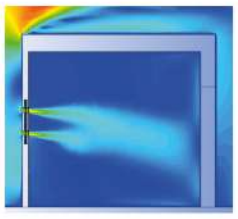


Plano 2
Velocidade do ar: 0,13m/s
Desvio padrão 0,12

Plano 3
Velocidade do ar: 0,05 m/s
Desvio padrão 0,02

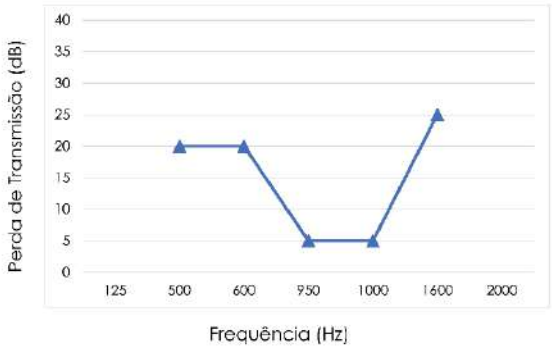


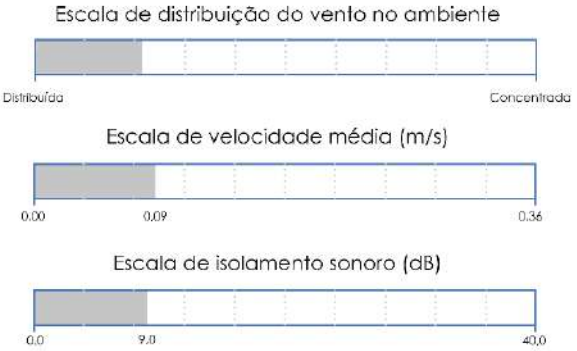
Plano 4
Velocidade do ar: 0,06 m/s
Desvio padrão 0,02



Plano 5
Velocidade do ar: 0,14 m/s
Desvio padrão 0,13

Plano 6
Velocidade do ar: 0,06 m/s
Desvio padrão 0,03





Considerações:

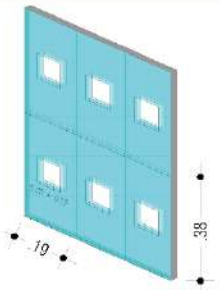
A redução das aberturas promove uma ventilação concentrada na parte central do ambiente. Do ponto de vista do controle de ruído, em 1000Hz existe um isolamento de 5 dB, sendo que essa perda é maior em outras frequências analisadas, conforme o gráfico. Nos cálculos de R_w, foi visto que o componente atingiu um valor ponderado de 9 dB.

Dados do Componente:

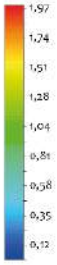
4e

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,09 x 0,09 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,02	0,03	0,09	0,03	0,06	0,04	0,01	0,05	0,02
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,03	0,10	0,14	0,03	0,26	0,04	0,01	0,20	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,08	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,06	0,02

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,01 m³/s
Número de Renovações/hora = 2

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,01 m³/s
Número de Renovações/hora = 2

Plano 1

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 2

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,09

Plano 3

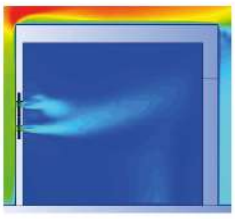
Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 4

Velocidade do ar: 0,03 m/s

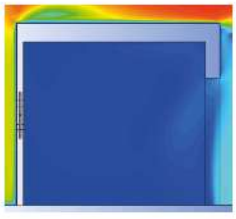
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

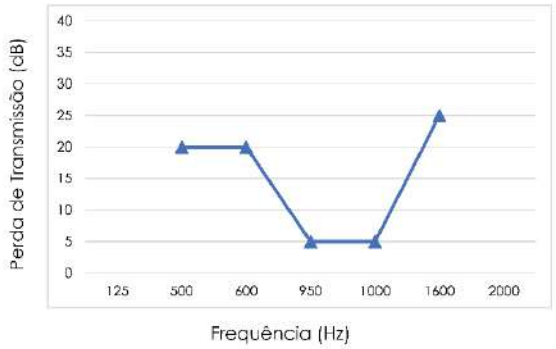
Desvio padrão 0,08

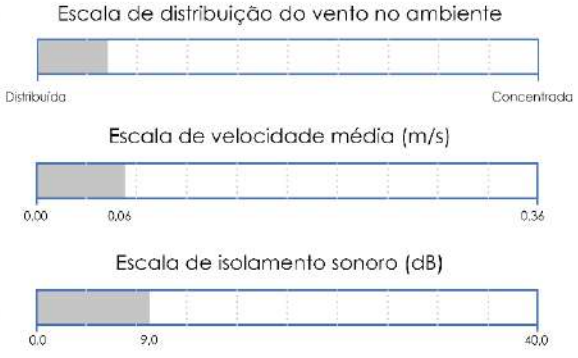


Plano 6

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,04



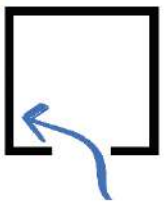


Considerações:

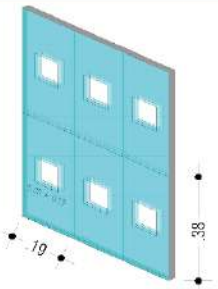
A redução das aberturas, somada com a incidência de vento oblíqua e o posicionamento da porta, causou uma significativa redução na velocidade do vento no interior do ambiente. Uma velocidade de até 0,26 m/s é concentrada na região central.

Dados do Componente:

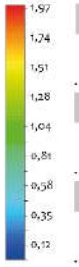
4e
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,09 x 0,09 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,02	0,15	0,08	0,08	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,18	0,07	0,07	0,23	0,06	0,04	0,15	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,10	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,01 m³/s
Número de Renovações/hora = 2

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,01 m³/s
Número de Renovações/hora = 1

Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 3

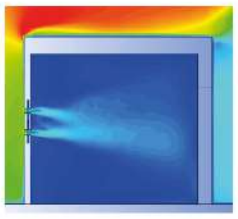
Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 5

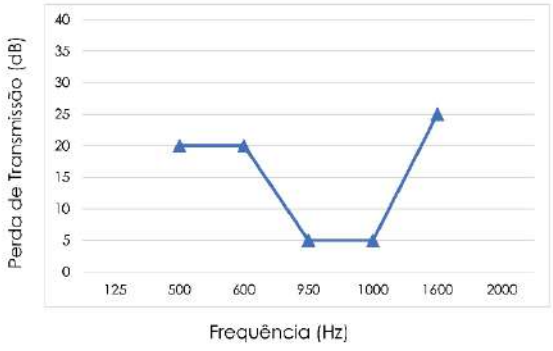
Velocidade do ar: 0,11 m/s

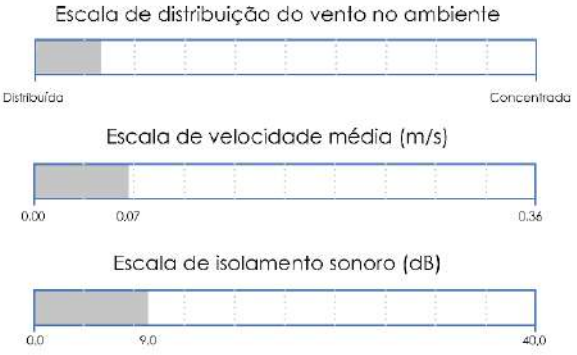
Desvio padrão 0,07

Plano 6

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02





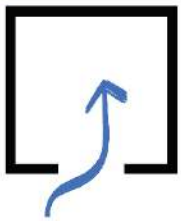
Considerações:

Aqui, a redução das aberturas também provocou uma significativa redução na velocidade e distribuição do vento no interior do ambiente. Uma velocidade de até 0,23 m/s é concentrada na região central.

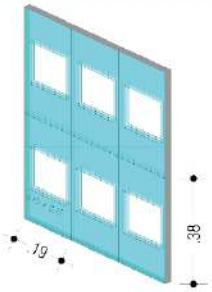
Dados do Componente:

4f

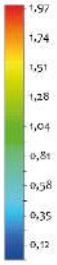
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,15 x 0,15 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



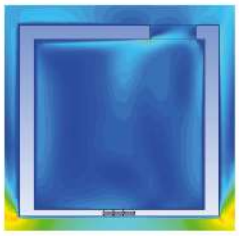
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,28	0,13	0,16	0,17	0,17	0,14	0,12	0,14
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,05	0,37	0,13	0,10	0,72	0,13	0,10	0,58	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,15	0,06	0,16	0,09	0,16	0,17	0,14	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,15 m³/s
Número de Renovações/hora = 22

METODOLOGIA ASHRAE

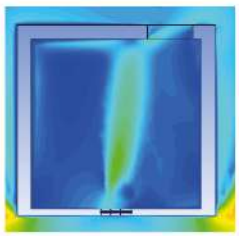
Vazão = 0,19 m³/s
Número de Renovações/hora = 28



Plano 1

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 2

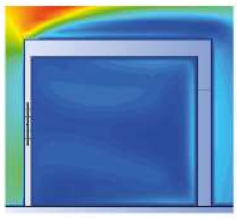
Velocidade do ar: 0,25m/s

Desvio padrão 0,24

Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

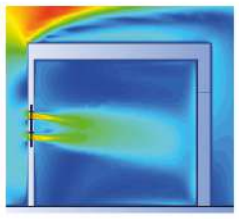
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

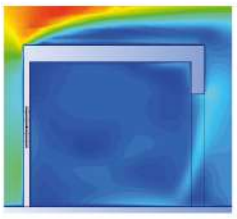
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,29 m/s

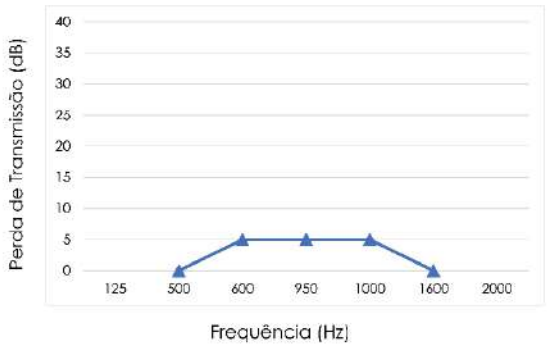
Desvio padrão 0,22

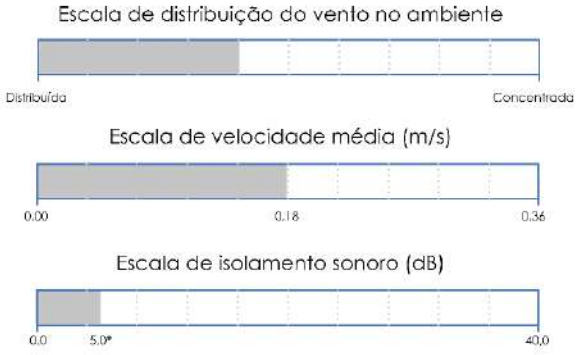


Plano 6

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,03





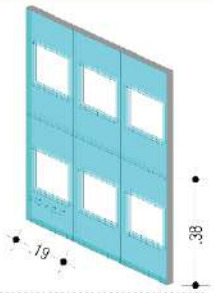
Considerações:

As seis aberturas de 15 cm proporcionaram uma média de ventilação moderada ao ambiente. Para esta incidência, nota-se um aumento da velocidade na região central do modelo. Porém, no quesito controle de ruído, o componente não desempenha muito bem, com apenas 5 dB de isolamento entre as frequências 600 e 1000 Hz.

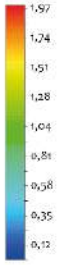
Dados do Componente:

4f
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,15 x 0,15 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,07	0,17	0,07	0,12	0,04	0,06	0,12	0,05
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,01	0,10	0,22	0,04	0,30	0,03	0,06	0,30	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,06	0,03	0,06	0,06	0,05	0,05	0,07	0,03

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 5

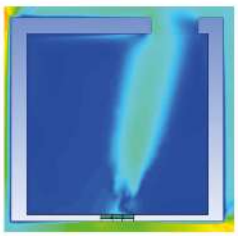
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,12

Plano 3

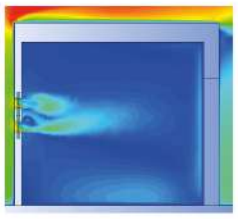
Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,01

Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

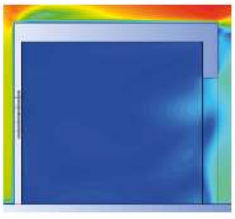
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

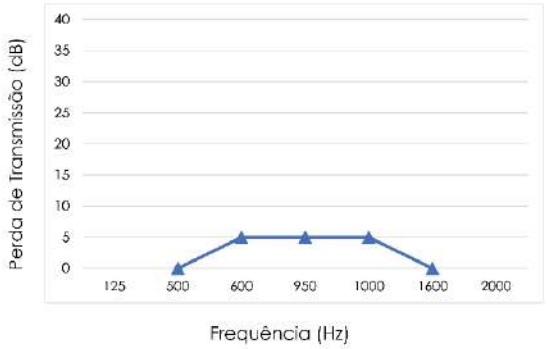
Desvio padrão 0,10

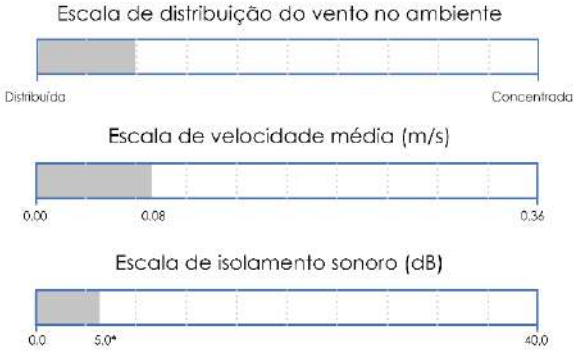


Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,07





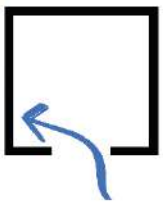
Considerações:

As aberturas de 0,15 m não são grandes o suficiente para evitar que o fluxo, incidindo de forma oblíqua, perca velocidade no interior da câmara. Contudo, ainda é possível perceber que existe uma região central com um fluxo mais acelerado, o qual não chega a se distribuir no ambiente como o componente 4f180°

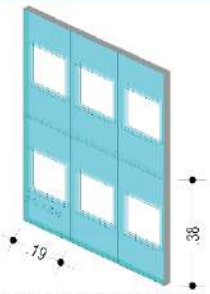
Dados do Componente:

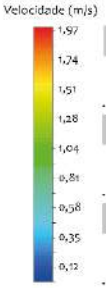
4f

135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,15 x 0,15 m
Quantidade de aberturas: 6
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,25	0,07	0,15	0,14	0,12	0,18	0,12	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,13	0,09	0,13	0,42	0,13	0,12	0,24	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,04	0,06	0,14	0,14	0,09	0,12	0,08	0,02

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

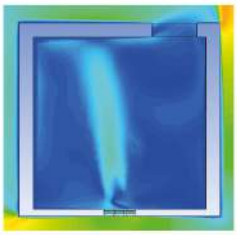
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 5

Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

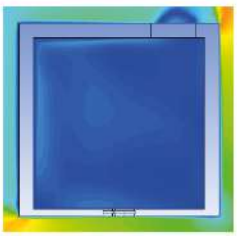
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

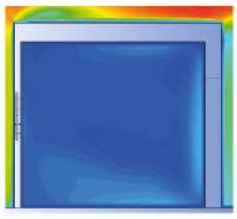
Desvio padrão 0,11



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

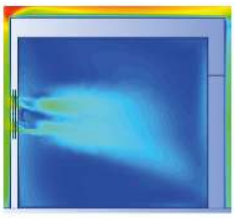
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

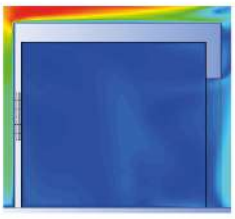
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,17 m/s

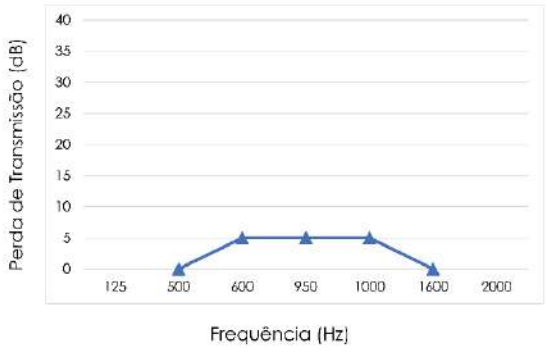
Desvio padrão 0,11

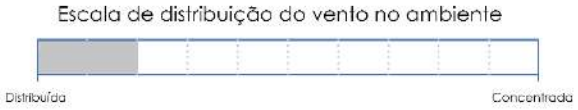


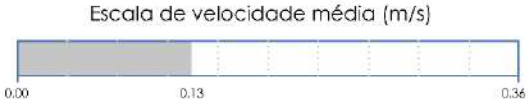
Plano 6

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04





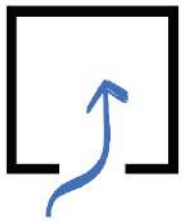


Considerações:

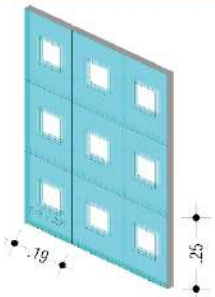
Apesar de haver uma redução no fluxo que entra devido à incidência oblíqua, nota-se que, por conta do posicionamento oposta da porta, o fluxo consegue se espalhar por outros planos, além dos centrais.

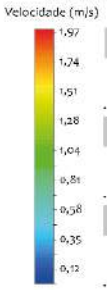
Dados do Componente:

4g
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,09 x 0,09 m
Quantidade de aberturas: 9
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



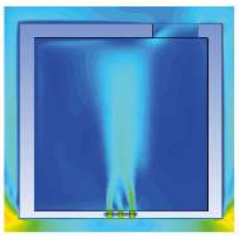


PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,05	0,09	0,06	0,06	0,07	0,10	0,06	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,39	0,07	0,09	0,53	0,03	0,09	0,29	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,09	0,07	0,11	0,11	0,07	0,12	0,11	0,03

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 11

METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 15

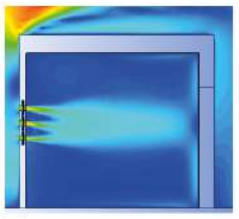
Plano 1
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,02



Plano 2
Velocidade do ar: 0,18m/s
Desvio padrão 0,18

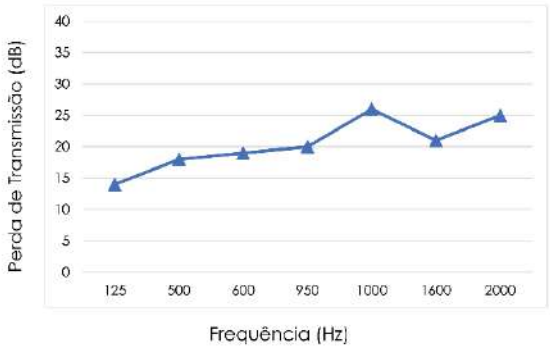
Plano 3
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,03

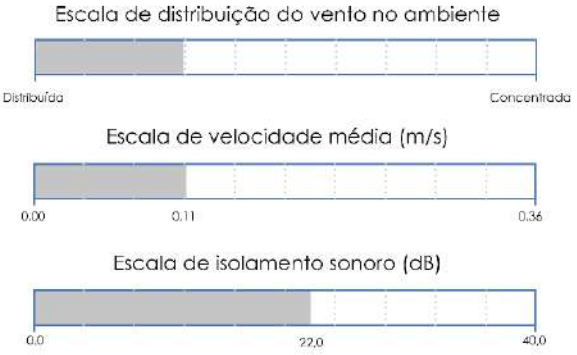
Plano 4
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,02



Plano 5
Velocidade do ar: 0,19 m/s
Desvio padrão 0,17

Plano 6
Velocidade do ar: 0,06 m/s
Desvio padrão 0,02





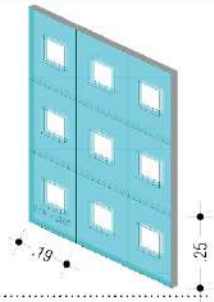
Considerações:

Com a redução das aberturas, a ventilação fora da parte central do ambiente fica um pouco prejudicada. Para a questão acústica, a redução do tamanho, apesar do aumento do número de aberturas, foi favorável. O componente possui um R_w de 22 dB, alcançando 26 dB de perda de transmissão na frequência de 1000 Hz.

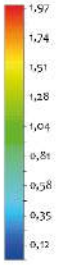
Dados do Componente:

4g
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,09 x 0,09 m
Quantidade de aberturas: 9
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)

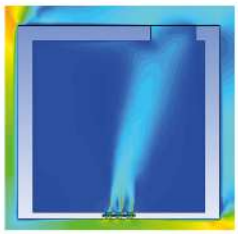


PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,16	0,08	0,06	0,07	0,06	0,04	0,05	0,02
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,07	0,10	0,18	0,07	0,19	0,07	0,06	0,55	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,03	0,02	0,07	0,07	0,02	0,05	0,10	0,03

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

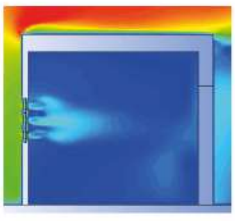
Plano 1
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,04



Plano 2
Velocidade do ar: 0,15 m/s
Desvio padrão 0,16

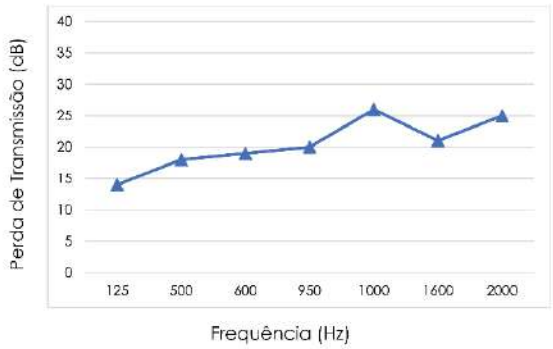
Plano 3
Velocidade do ar: 0,05 m/s
Desvio padrão 0,03

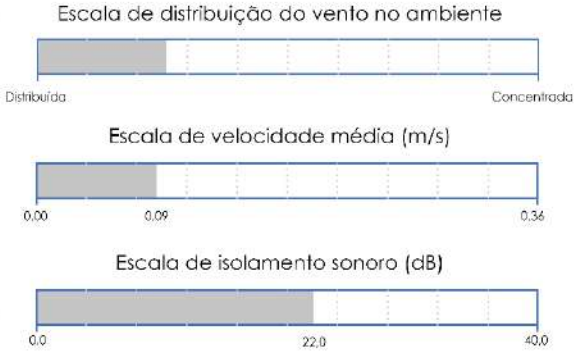
Plano 4
Velocidade do ar: 0,06 m/s
Desvio padrão 0,01



Plano 5
Velocidade do ar: 0,15 m/s
Desvio padrão 0,16

Plano 6
Velocidade do ar: 0,06 m/s
Desvio padrão 0,05



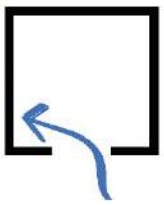


Considerações:

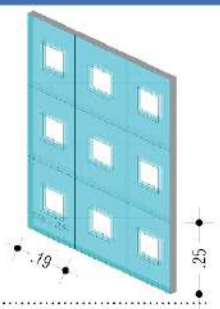
Conforme já observado antes, quanto menores as aberturas, menor a velocidade de entrada do fluxo no caso de incidências oblíquas, visto que o vento entra no espaço entre as placas antes de entrar no ambiente.

Dados do Componente:

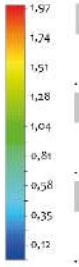
4g
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,09 x 0,09 m
Quantidade de aberturas: 9
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,04	0,08	0,10	0,06	0,05	0,08	0,10	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,07	0,08	0,05	0,07	0,24	0,08	0,07	0,32	0,05
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,02	0,02	0,06	0,06	0,14	0,02	0,02	0,02

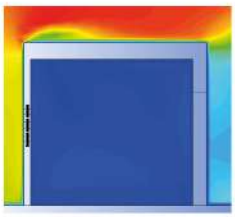
METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 3

METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,02 m³/s
Número de Renovações/hora = 2

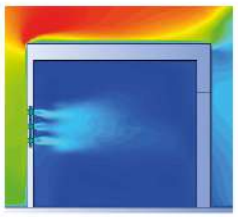
Plano 1
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,02

Plano 2
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,10

Plano 3
Velocidade do ar: 0,05 m/s
Desvio padrão 0,04

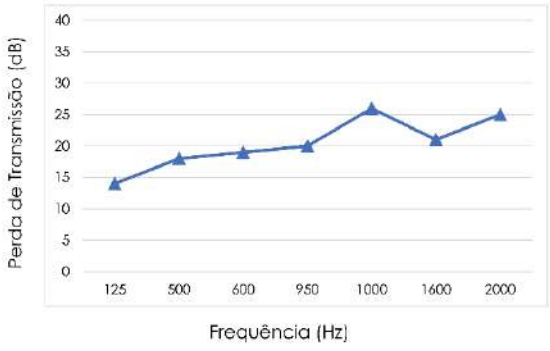


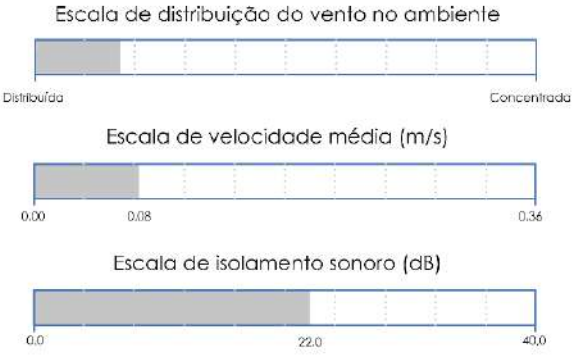
Plano 4
Velocidade do ar: 0,07 m/s
Desvio padrão 0,02



Plano 5
Velocidade do ar: 0,10 m/s
Desvio padrão 0,10

Plano 6
Velocidade do ar: 0,06 m/s
Desvio padrão 0,05



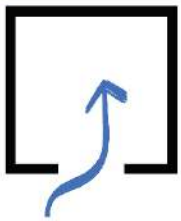


Considerações:

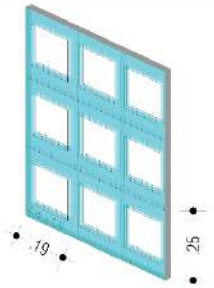
A redução das aberturas provoca uma significativa diminuição na velocidade do fluxo que entra no ambiente, pois há mais espaço entre as placas para o vento entrar.

Dados do Componente:

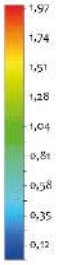
4h
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,15 x 0,15 m
Quantidade de aberturas: 9
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



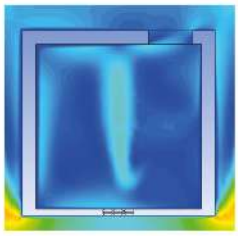
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,22	0,47	0,17	0,16	0,51	0,16	0,13	0,26	0,09
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,18	0,37	0,24	0,29	0,60	0,10	0,23	0,77	0,08
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,14	0,27	0,11	0,21	0,16	0,14	0,19	0,29	0,21

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,22 m³/s
Número de Renovações/hora = 33

METODOLOGIA ASHRAE

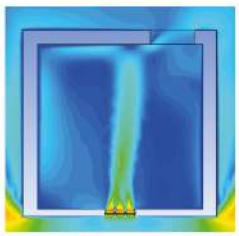
Vazão = 0,29 m³/s
Número de Renovações/hora = 42



Plano 1

Velocidade do ar: 0,24 m/s

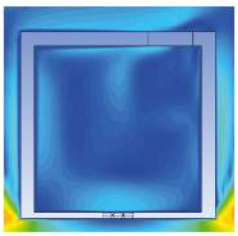
Desvio padrão 0,15



Plano 2

Velocidade do ar: 0,32m/s

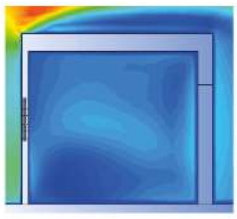
Desvio padrão 0,23



Plano 3

Velocidade do ar: 0,19 m/s

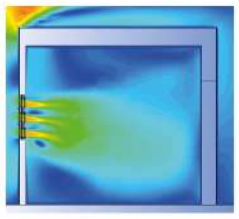
Desvio padrão 0,06



Plano 4

Velocidade do ar: 0,19 m/s

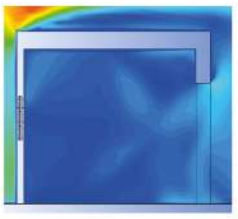
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,41 m/s

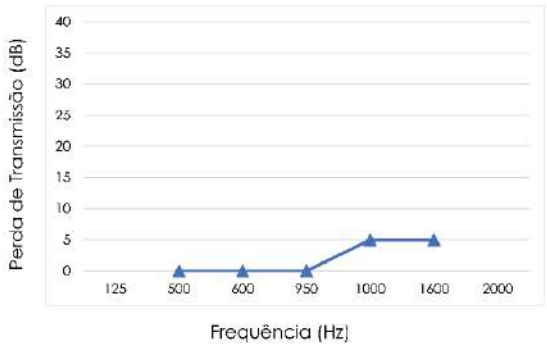
Desvio padrão 0,19

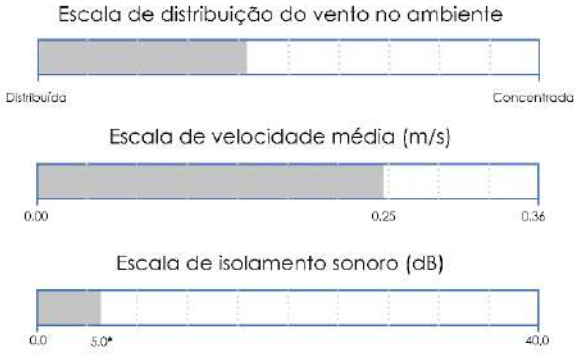


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,06





Considerações:

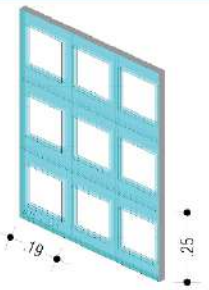
As 9 aberturas de 0,15 m proporcionam boa ventilação em todos os planos avaliados. Os planos centrais seguem se destacando com velocidades mais altas, devido ao posicionamento do componente e incidência do vento. Quanto a acústica, o isolamento em 1000 Hz é de 5 dB.

Dados do Componente:

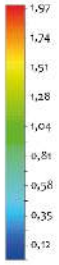
4h

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,15 x 0,15 m
Quantidade de aberturas: 9
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



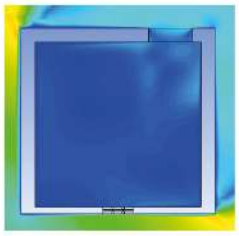
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,07	0,15	0,09	0,06	0,10	0,08	0,13	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,09	0,12	0,07	0,21	0,07	0,07	0,74	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,02	0,03	0,18	0,05	0,05	0,01	0,05	0,08	0,08

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 7

METODOLOGIA ASHRAE

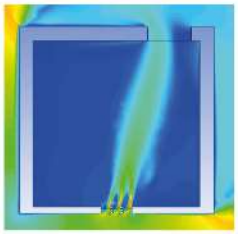
Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6



Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

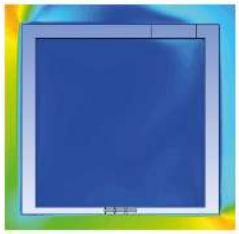
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,17 m/s

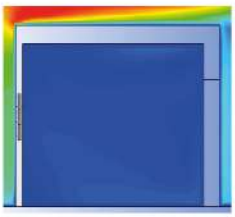
Desvio padrão 0,22



Plano 3

Velocidade do ar: 0,06 m/s

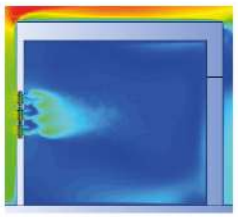
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

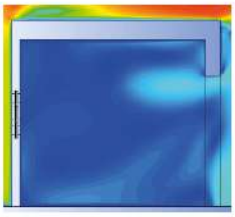
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,16 m/s

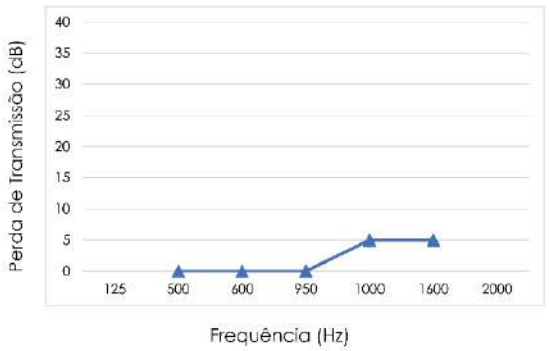
Desvio padrão 0,22

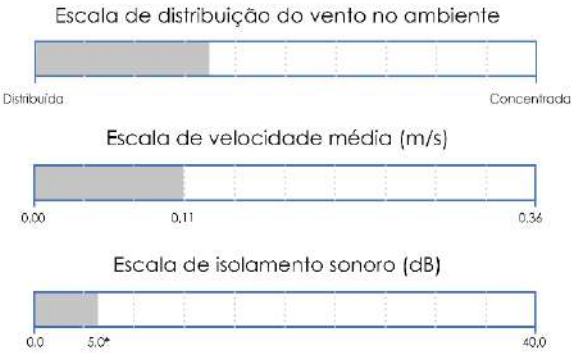


Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05



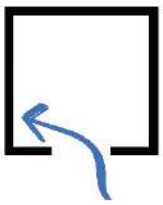


Considerações:

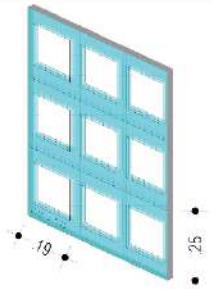
Aqui ocorre o mesmo que nos outros componentes dessa tipologia com mesma incidência. O vento entra no ambiente em jato, sendo direcionando para a porta e causando baixas velocidades nos pontos de controle que estão fora desse jato.

Dados do Componente:

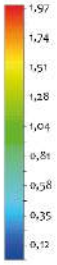
4h
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,56 m
Espessura: 0,046 m
Altura: 0,76 m
Aberturas: 0,15 x 0,15 m
Quantidade de aberturas: 9
Distância do piso: 1,10 m
Três placas iguais com espaçamento de 0,023 m entre si



Velocidade (m/s)



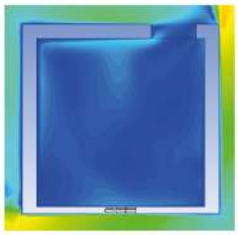
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,24	0,08	0,14	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,27	0,12	0,09	0,41	0,09	0,16	0,65	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,15	0,28	0,08	0,14	0,18	0,09	0,10	0,11	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 7

METODOLOGIA ASHRAE

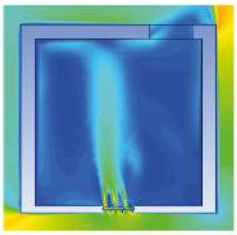
Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

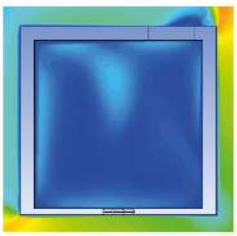
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,22 m/s

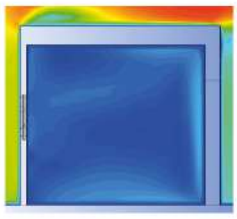
Desvio padrão 0,20



Plano 3

Velocidade do ar: 0,14 m/s

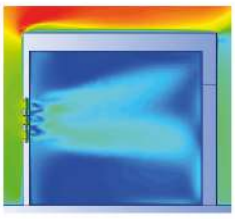
Desvio padrão 0,06



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

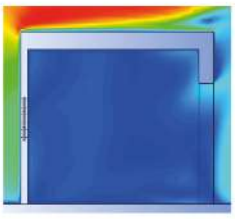
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,26 m/s

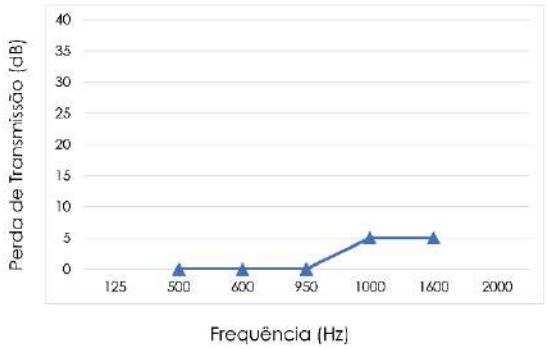
Desvio padrão 0,18

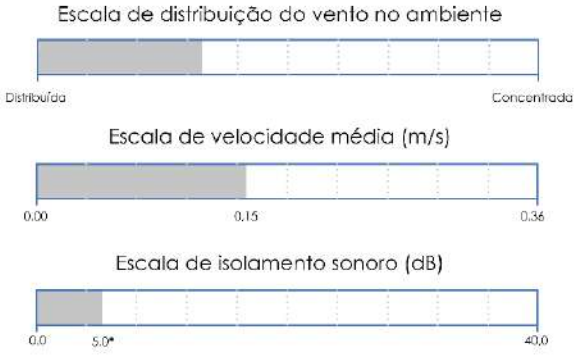


Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,01



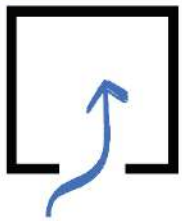


Considerações:

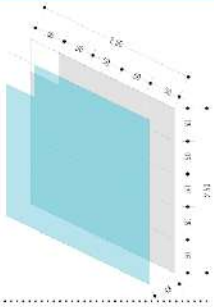
O vento entra no ambiente em forma de jato, porém encontra a parede posterior, contornando o ambiente e proporcionando fluxo de vento um pouco mais forte em outros pontos de controle fora do jato central.

Dados do Componente:

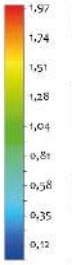
5a
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,40 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 2,10 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



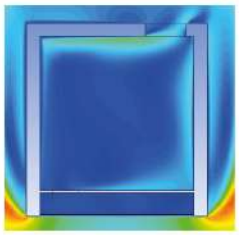
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,17	0,25	0,12	0,08	0,09	0,16	0,06	0,05	0,25
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,34	0,18	0,05	0,14	0,08	0,20	0,07	0,18	0,28
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,62	0,17	0,18	0,59	0,13	0,13	1,28	0,31	0,23

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,21 m³/s
Número de Renovações/hora = 32

METODOLOGIA ASHRAE

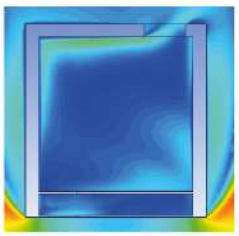
Vazão = 0,28 m³/s
Número de Renovações/hora = 41



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

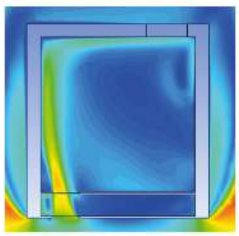
Desvio padrão 0,08



Plano 2

Velocidade do ar: 0,17m/s

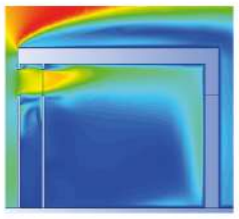
Desvio padrão 0,10



Plano 3

Velocidade do ar: 0,40 m/s

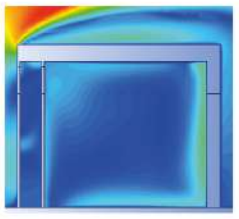
Desvio padrão 0,38



Plano 4

Velocidade do ar: 0,37 m/s

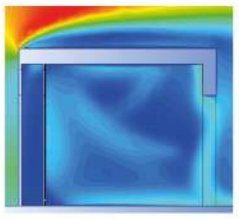
Desvio padrão 0,40



Plano 5

Velocidade do ar: 0,16 m/s

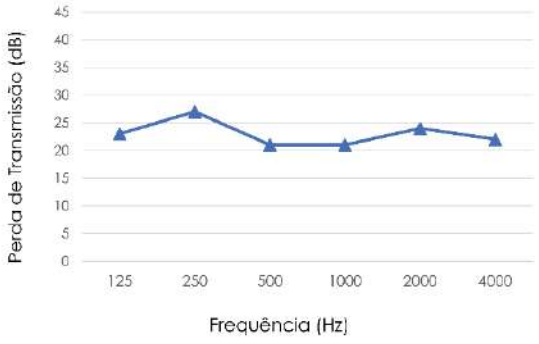
Desvio padrão 0,08

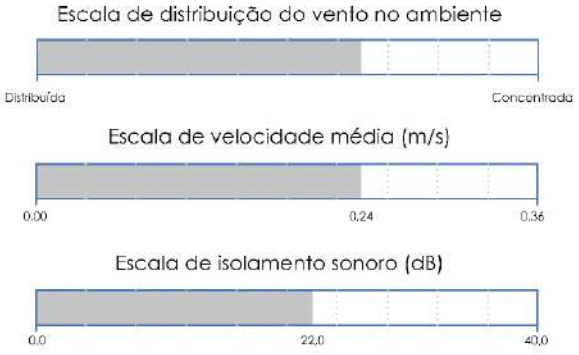


Plano 6

Velocidade do ar: 0,18 m/s

Desvio padrão 0,25





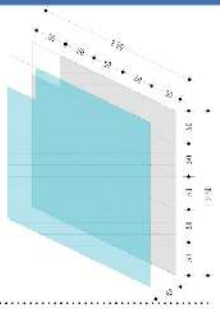
Considerações:

Como as aberturas se posicionam uma de frente para a outra, o vento não encontra resistência para entrar no ambiente. Os fluxos de vento tendem a se concentrar nas paredes. Os valores de perda de transmissão, com 21 dB em 1000 Hz e um R_w de 22 dB são questionáveis, tendo em vista valores de outros componentes já vistos aqui.

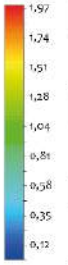
Dados do Componente:

5a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,40 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 2,10 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



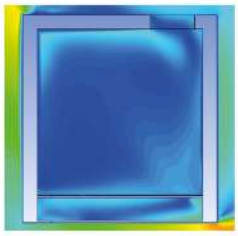
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,23	0,19	0,28	0,09	0,11	0,15	0,03	0,12	0,27
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,33	0,22	0,14	0,08	0,08	0,11	0,05	0,19	0,26
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,48	0,18	0,13	0,63	0,23	0,19	0,41	0,16	0,15

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 17

METODOLOGIA ASHRAE

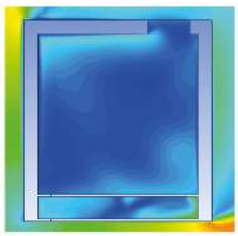
Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 15



Plano 1

Velocidade do ar: 0,16 m/s

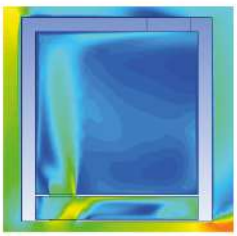
Desvio padrão 0,09



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

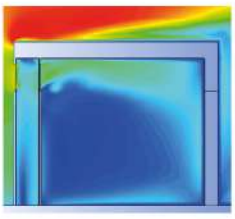
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,28 m/s

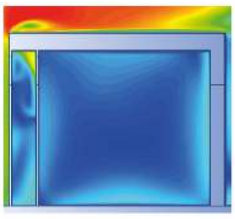
Desvio padrão 0,18



Plano 4

Velocidade do ar: 0,26 m/s

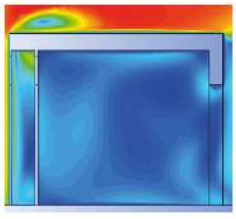
Desvio padrão 0,22



Plano 5

Velocidade do ar: 0,16 m/s

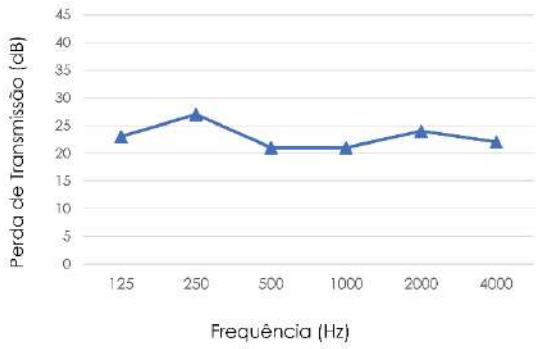
Desvio padrão 0,05

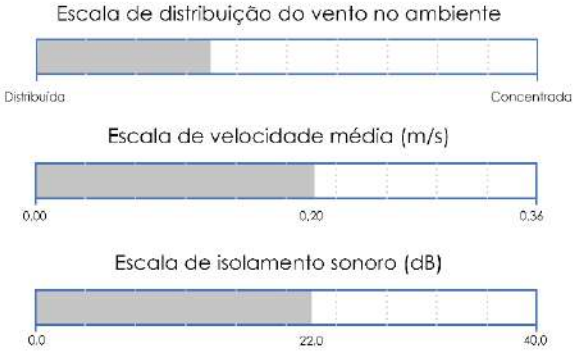


Plano 6

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,07



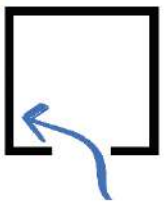


Considerações:

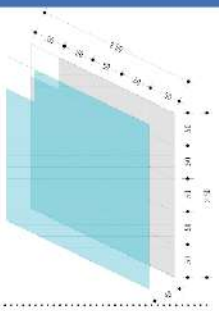
A incidência de 225° é favorável para este componente, no sentindo da distribuição do vento, pois o fluxo entra no ambiente um pouco mais distante da parede à esquerda, diminuindo a área de baixa velocidade na parte central do ambiente, quando comparado ao componente 5a 180°.

Dados do Componente:

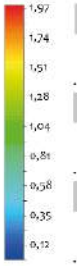
5a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,40 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 2,10 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



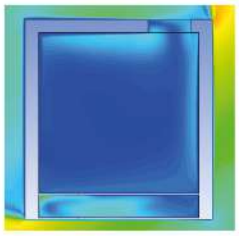
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,18	0,24	0,12	0,08	0,05	0,11	0,09	0,11	0,17
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,26	0,18	0,27	0,10	0,10	0,13	0,08	0,12	0,17
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,36	0,16	0,13	0,53	0,15	0,08	1,09	0,15	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

METODOLOGIA ASHRAE

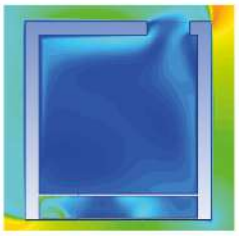
Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 11



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

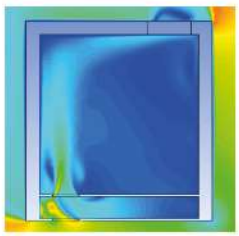
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,16 m/s

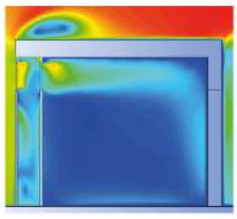
Desvio padrão 0,07



Plano 3

Velocidade do ar: 0,31 m/s

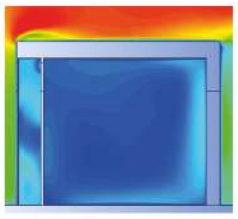
Desvio padrão 0,33



Plano 4

Velocidade do ar: 0,31 m/s

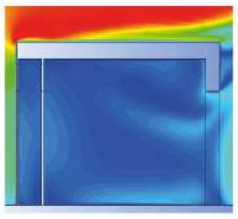
Desvio padrão 0,33



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

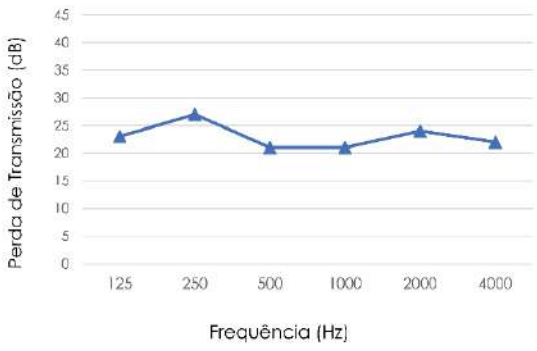
Desvio padrão 0,05

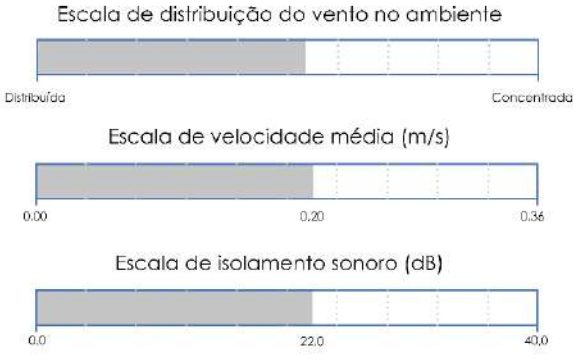


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,06



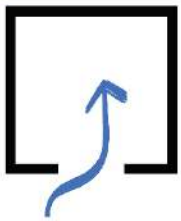


Considerações:

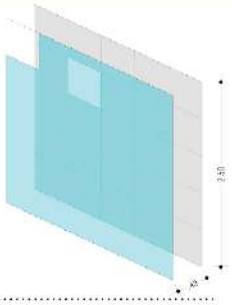
Nesta incidência, a mancha azul escura ficou mais evidente. O fluxo contorna a parede da esquerda e a posterior, dirigindo-se até a porta.

Dados do Componente:

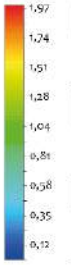
5b
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 1,60 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,16	0,16	0,08	0,03	0,02	0,09	0,09	0,08	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,23	0,15	0,04	0,08	0,07	0,10	0,22	0,11	0,15
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,30	0,14	0,11	0,53	0,10	0,06	0,29	0,24	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,16 m³/s
Número de Renovações/hora = 24

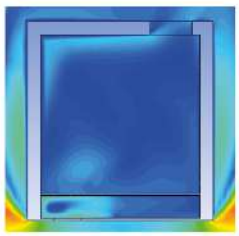
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,21 m³/s
Número de Renovações/hora = 31

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

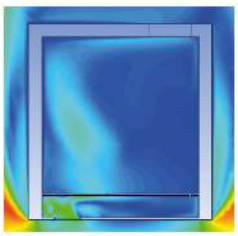
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,13m/s

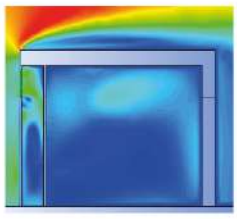
Desvio padrão 0,07



Plano 3

Velocidade do ar: 0,21 m/s

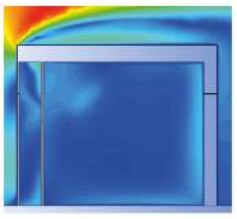
Desvio padrão 0,15



Plano 4

Velocidade do ar: 0,21 m/s

Desvio padrão 0,15



Plano 5

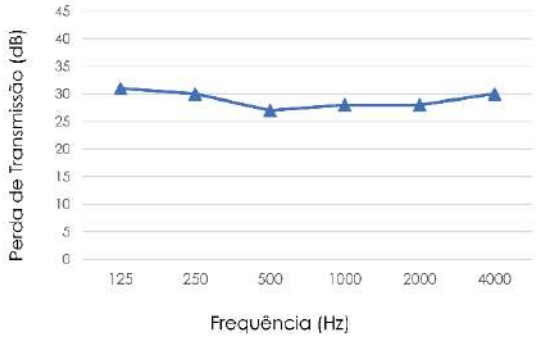
Velocidade do ar: 0,12 m/s

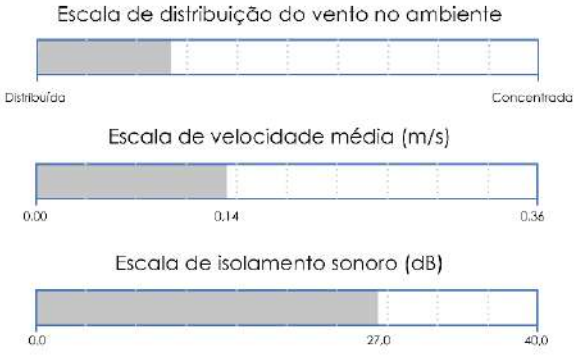
Desvio padrão 0,06

Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,03





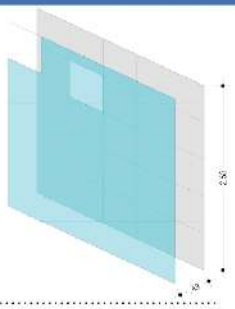
Considerações:

Nesta incidência, é possível perceber certa resistência para o vento entrar no ambiente. Assim, os fluxos são mais concentrados nos planos 3 e 4, com grandes áreas de baixa velocidade nos outros planos. A perda de transmissão em 1000 Hz é de 28 dB e o R_w de 27 dB. Esses valores altos seguem sendo questionáveis.

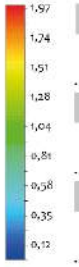
Dados do Componente:

5b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 1,60 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



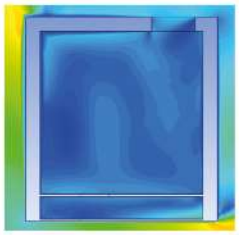
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,21	0,20	0,16	0,07	0,20	0,20	0,16	0,21	0,18
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,28	0,26	0,18	0,17	0,08	0,04	0,19	0,18	0,21
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,31	0,17	0,23	0,52	0,35	0,23	0,14	0,13	0,16

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,12 m³/s
Número de Renovações/hora = 18

METODOLOGIA ASHRAE

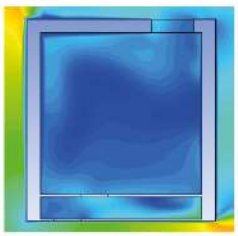
Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 15



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

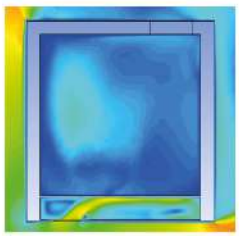
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,18 m/s

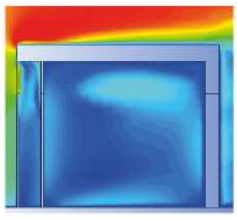
Desvio padrão 0,08



Plano 3

Velocidade do ar: 0,25 m/s

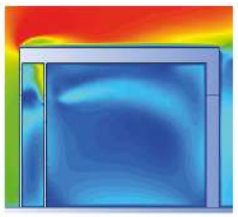
Desvio padrão 0,13



Plano 4

Velocidade do ar: 0,23 m/s

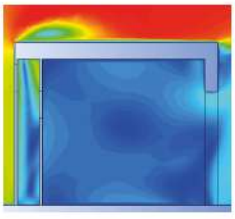
Desvio padrão 0,13



Plano 5

Velocidade do ar: 0,20 m/s

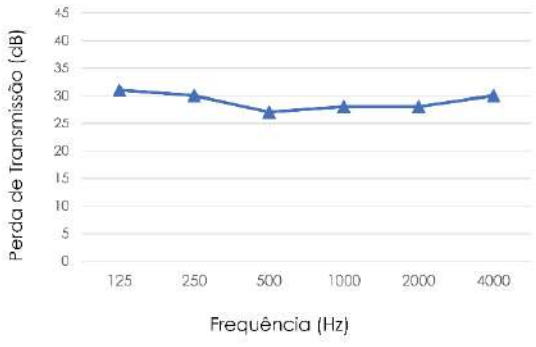
Desvio padrão 0,08

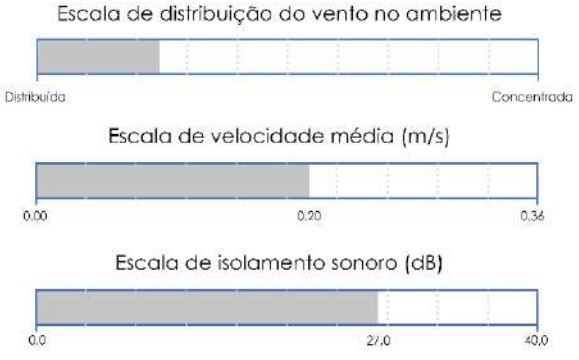


Plano 6

Velocidade do ar: 0,18 m/s

Desvio padrão 0,06



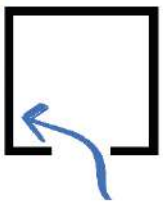


Considerações:

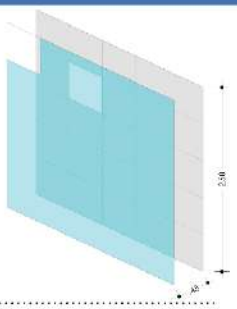
Nota-se que esta incidência segue sendo favorável para o componente, visto que o sentido do vento é compatível com o fluxo entre as duas aberturas. A velocidade de vento no interior é moderada, porém relativamente bem distribuída entre os pontos de controle, ainda que haja uma concentração no plano 3.

Dados do Componente:

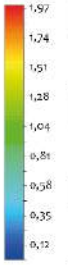
5b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 1,60 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,12	0,02	0,03	0,05	0,05	0,04	0,08	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,16	0,10	0,07	0,05	0,05	0,07	0,09	0,05	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,19	0,06	0,04	0,33	0,11	0,06	0,13	0,21	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,13 m³/s
Número de Renovações/hora = 19

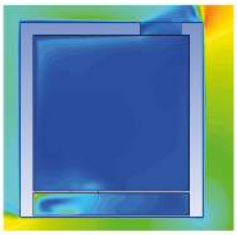
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

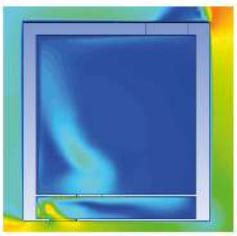
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

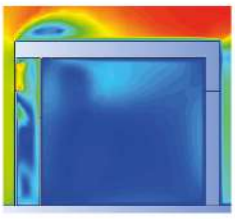
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

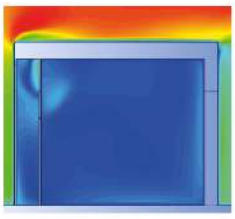
Desvio padrão 0,09



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

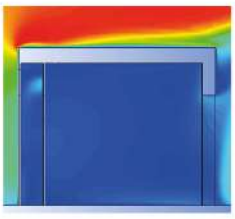
Desvio padrão 0,09



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

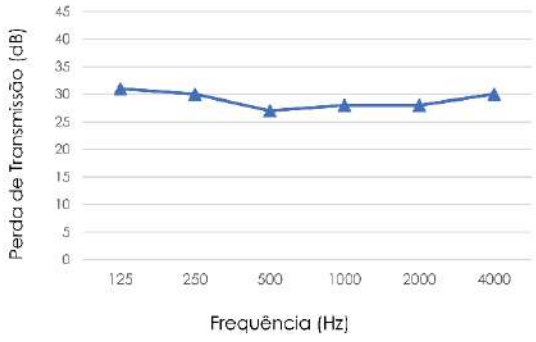
Desvio padrão 0,05

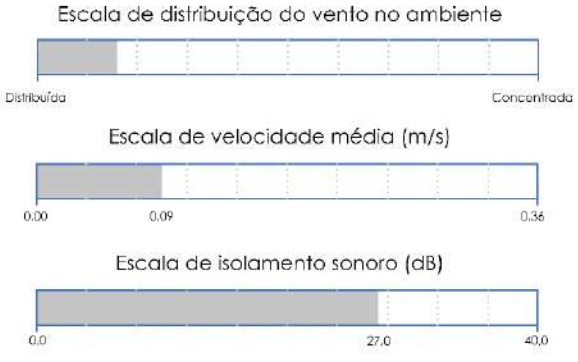


Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,03





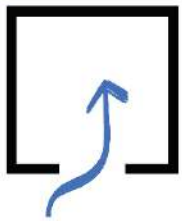
Considerações:

De todas as incidências, esta é a mais desfavorável. Isso porque, ao passar pela primeira abertura, o fluxo de vento logo encontra o limite da estrutura como obstáculo, reduzindo bastante a velocidade antes de passar pela segunda abertura.

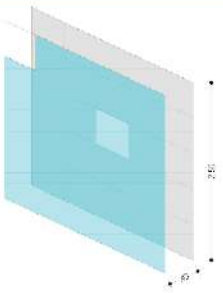
Dados do Componente:

5c

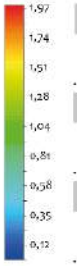
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 1,10 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,06	0,04	0,13	0,07	0,08	0,09	0,15	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,14	0,18	0,10	0,12	0,41	0,14	0,15	1,08	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,12	0,15	0,17	0,24	0,11	0,14	0,12	0,13

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,16 m³/s

Número de Renovações/hora = 24

METODOLOGIA ASHRAE

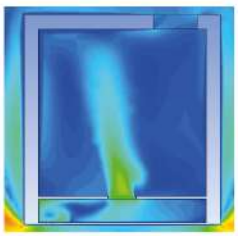
Vazão = 0,21 m³/s

Número de Renovações/hora = 31

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

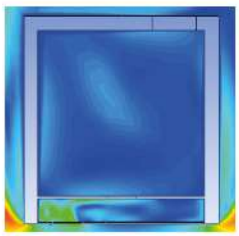
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,27m/s

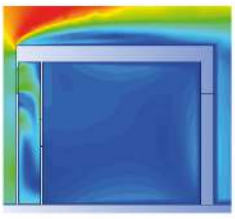
Desvio padrão 0,32



Plano 3

Velocidade do ar: 0,15 m/s

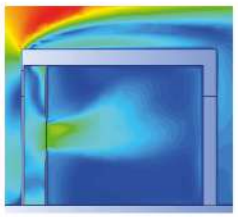
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

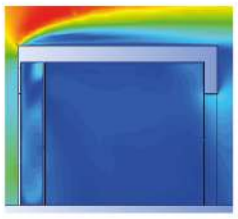
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,27 m/s

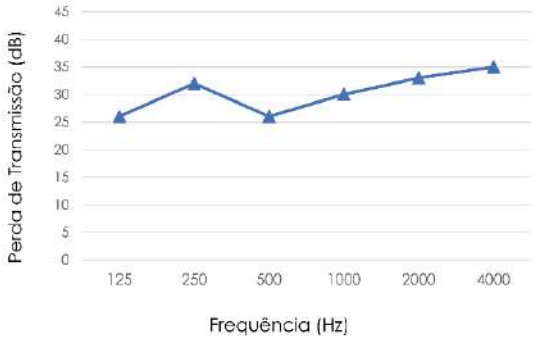
Desvio padrão 0,32

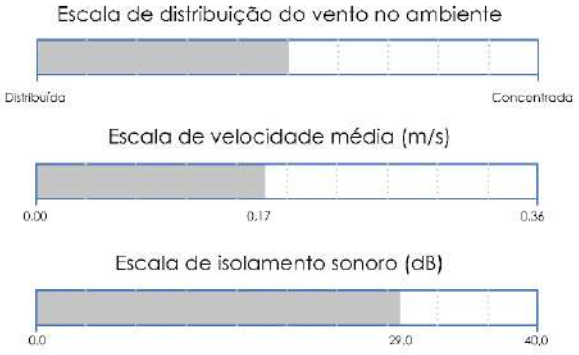


Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04





Considerações:

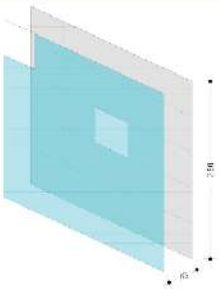
Esta incidência foi relativamente favorável para a abertura localizada ao meio da fachada interna. Existe uma concentração de vento localizado ao meio do ambiente, podendo servir bem dependendo do *layout*. A perda de transmissão em 1000 Hz aumentou para 30 dB e o R_w para 29 dB.

Dados do Componente:

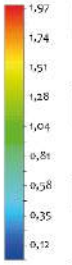
5c

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 1,10 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



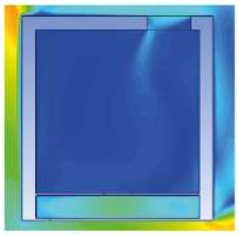
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,04	0,08	0,04	0,06	0,04	0,08	0,11	0,02
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,03	0,05	0,13	0,02	0,06	0,05	0,06	0,12	0,10
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,40	0,05	0,11	0,06	0,05	0,13	0,02	0,04	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 10

METODOLOGIA ASHRAE

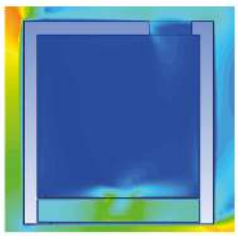
Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9



Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 2

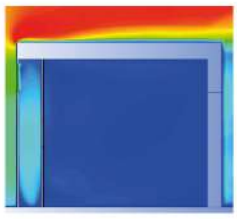
Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

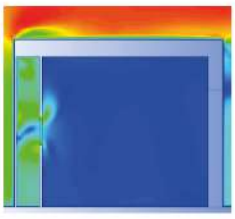
Desvio padrão 0,12



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

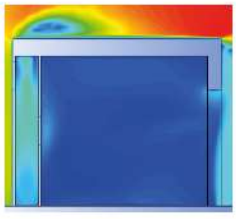
Desvio padrão 0,12



Plano 5

Velocidade do ar: 0,06 m/s

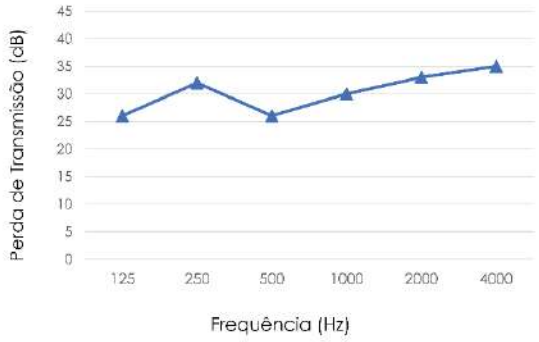
Desvio padrão 0,03

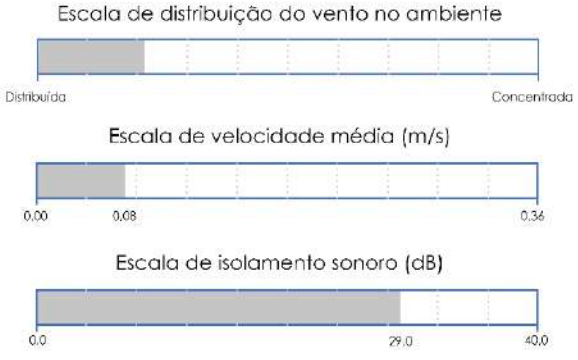


Plano 6

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04





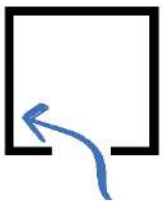
Considerações:

Quando o vento entra no espaço entre as fachadas, ele tende a contornar essa câmara pelas laterais. Como neste componente a abertura se encontra no meio da fachada interna, nota-se que ela não consegue captar o fluxo de vento como nos componentes anteriores, tendo como consequência baixa velocidade de vento no ambiente.

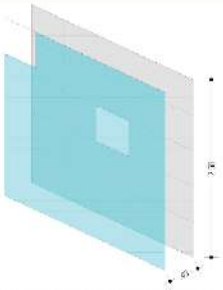
Dados do Componente:

5c

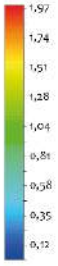
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 1,10 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,03	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,13	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,07	0,18	0,09	0,05	0,41	0,02	0,06	0,80	0,08
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,11	0,05	0,06	0,05	0,09	0,02	0,08	0,04

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 14

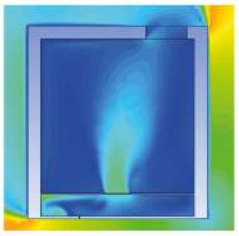
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

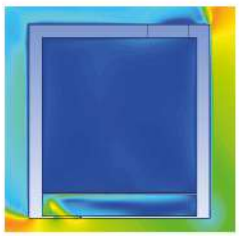
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,20 m/s

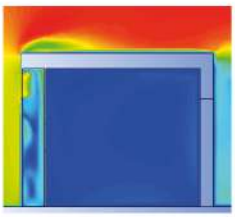
Desvio padrão 0,26



Plano 3

Velocidade do ar: 0,06 m/s

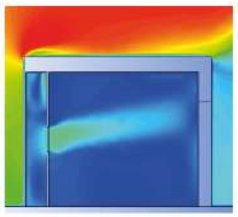
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

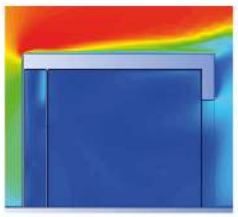
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,21 m/s

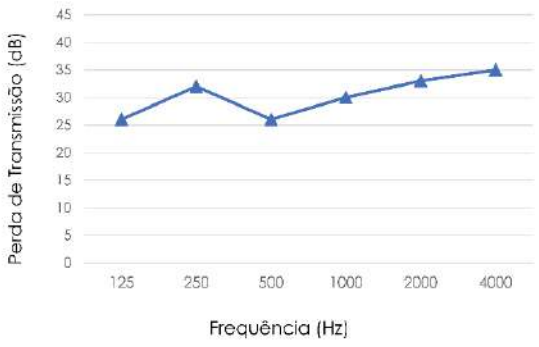
Desvio padrão 0,25

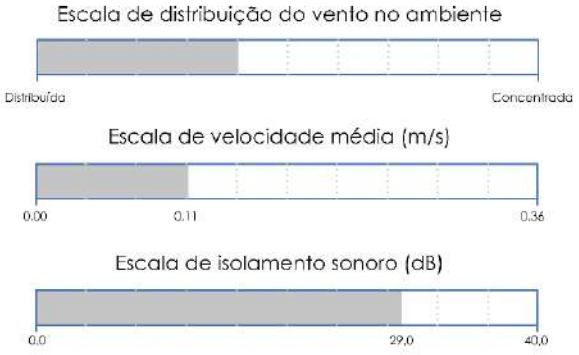


Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03



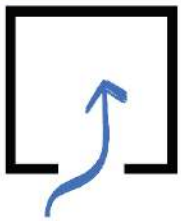


Considerações:

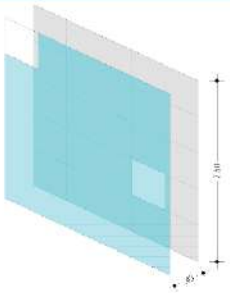
Esta incidência de vento favoreceu a abertura central na fachada interna, trazendo um jato de vento para a parte central do ambiente.

Dados do Componente:

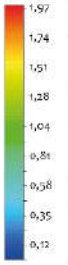
5d
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 0,60 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



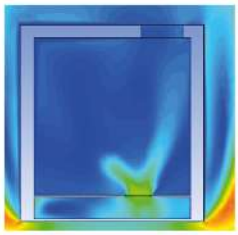
Velocidade (m/s)



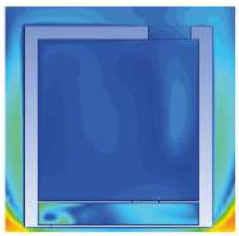
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,14	0,17	0,13	0,09	0,27	0,10	0,57	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,10	0,17	0,08	0,14	0,22	0,11	0,13	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,09	0,09	0,15	0,06	0,08	0,09	0,10	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 25

METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,22 m³/s
Número de Renovações/hora = 33

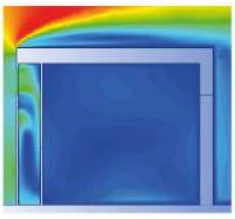


Plano 1
Velocidade do ar: 0,18 m/s
Desvio padrão 0,16

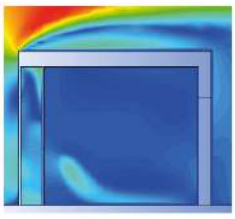


Plano 2
Velocidade do ar: 0,13 m/s
Desvio padrão 0,04

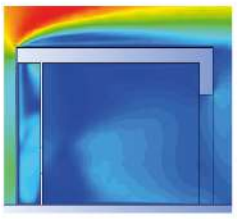
Plano 3
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,03



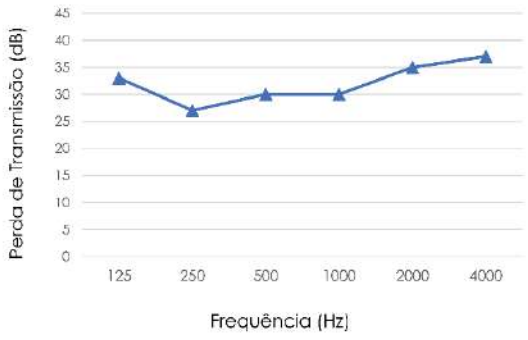
Plano 4
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,02

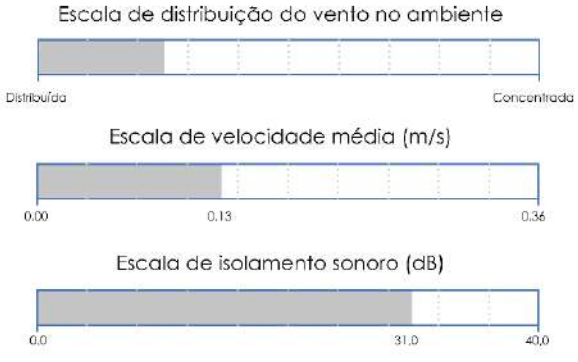


Plano 5
Velocidade do ar: 0,16 m/s
Desvio padrão 0,16



Plano 6
Velocidade do ar: 0,13 m/s
Desvio padrão 0,08





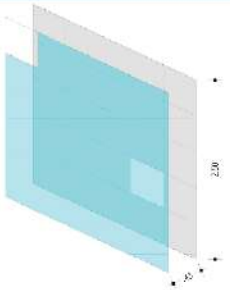
Considerações:

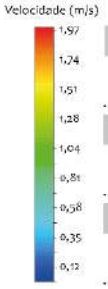
Desta vez, a abertura localizada mais abaixo não foi tão favorecida pela incidência de vento perpendicular à fachada. O fluxo entra no ambiente em um sentido descendente e sai pela porta. A perda de transmissão em 1000 Hz continua 30 dB e o R_w aumentou para 31 dB.

Dados do Componente:

5d
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 0,60 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.





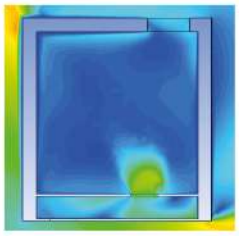
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,20	0,17	0,14	0,15	0,13	0,18	0,17	0,21	0,20
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,22	0,13	0,03	0,15	0,11	0,17	0,13	0,17	0,20
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,15	0,13	0,09	0,23	0,24	0,08	0,17	0,22	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

METODOLOGIA ASHRAE

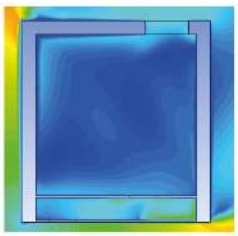
Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 10



Plano 1

Velocidade do ar: 0,17 m/s

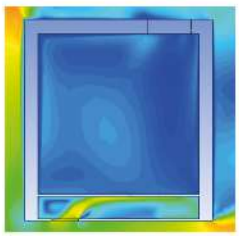
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15 m/s

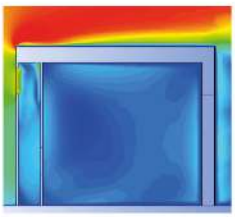
Desvio padrão 0,06



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

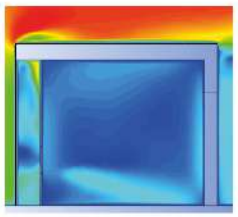
Desvio padrão 0,06



Plano 4

Velocidade do ar: 0,17 m/s

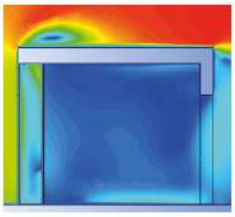
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,17 m/s

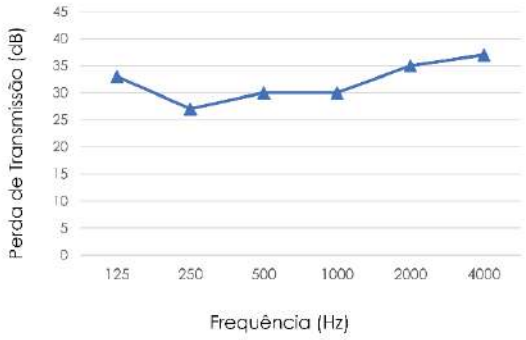
Desvio padrão 0,05

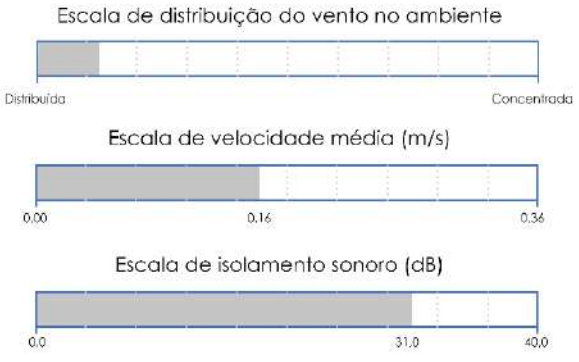


Plano 6

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,06



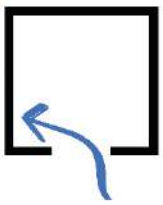


Considerações:

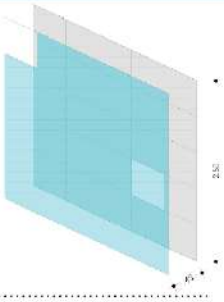
O vento muda de direção no espaço entre as fachadas, não saindo diretamente pela porta, que se localiza bem à frente da abertura interna. O resultado disso é a presença de fluxos de vento em todo o ambiente.

Dados do Componente:

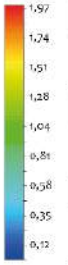
5d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m (componente); 0,60 m (abertura)
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



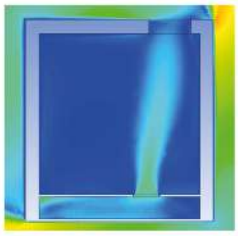
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,04	0,25	0,06	0,03	0,17	0,06	0,07	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,02	0,16	0,08	0,05	0,09	0,08	0,12	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,10	0,07	0,09	0,09	0,07	0,07	0,09	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 15

METODOLOGIA ASHRAE

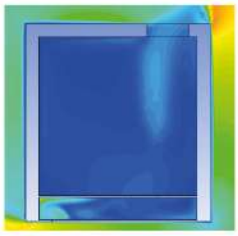
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 13



Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,07



Plano 2

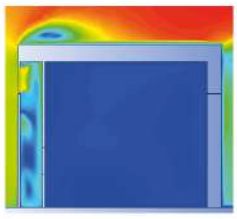
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

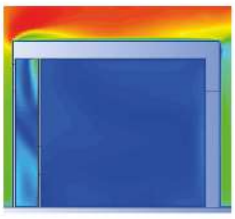
Desvio padrão 0,01



Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

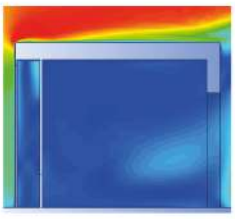
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,07 m/s

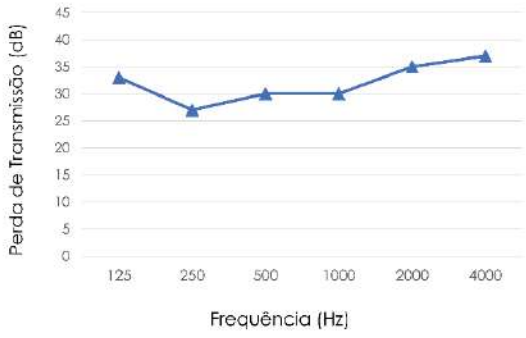
Desvio padrão 0,03

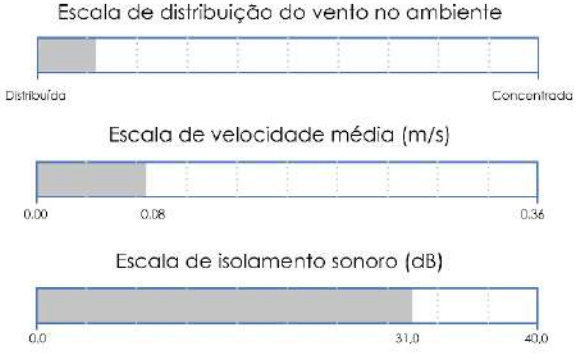


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,06





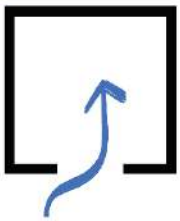
Considerações:

Nesta incidência, o fluxo de vento muda de direção no espaço entre as fachadas, e quando entra no ambiente, forma um jato em direção à saída. Dessa forma, a maioria do ambiente fica com a ventilação prejudicada, visto que ela se concentra no plano 1.

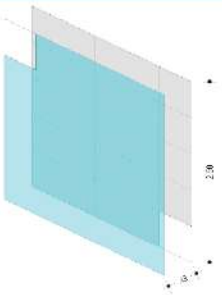
Dados do Componente:

5e

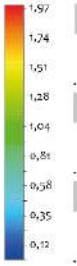
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,10	0,24	0,07	0,09	0,22	0,08	0,09	0,11
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,10	0,11	0,11	0,08	0,04	0,02	0,10	0,10	0,13
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,06	0,10	0,20	0,10	0,14	0,16	0,07	0,10	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

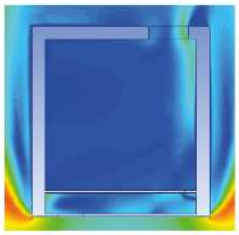
Vazão = 0,15 m³/s

Número de Renovações/hora = 22

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,19 m³/s

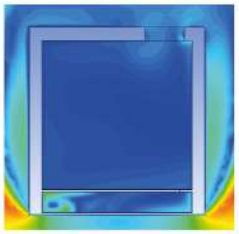
Número de Renovações/hora = 29



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

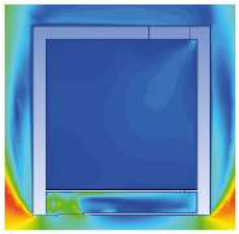
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,09 m/s

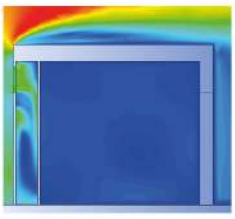
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,12 m/s

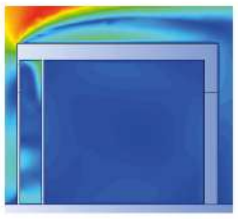
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

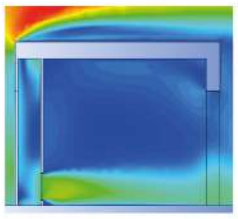
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

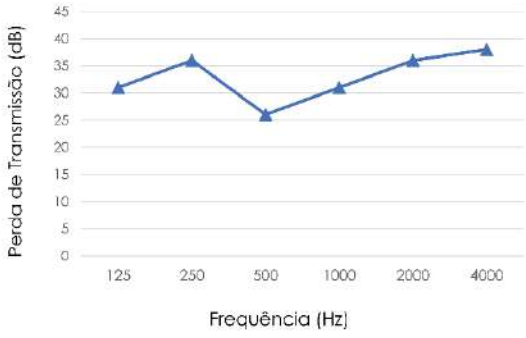
Desvio padrão 0,03

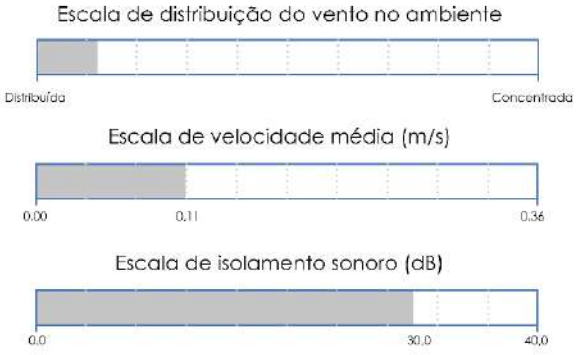


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,07





Considerações:

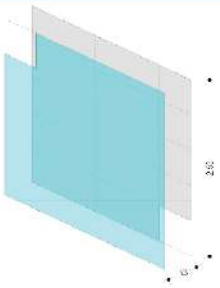
É possível notar que o fato de abertura se localizar quase no piso e bem em frente ao vão de saída, fez com que o fluxo fosse direcionado para a saída, abaixo inclusive do plano 1, que está a 0,70 m do piso. Do ponto de vista do isolamento sonoro, a perda de transmissão em 1000 Hz sobe para 31 dB e o R_w cai para 30 dB.

Dados do Componente:

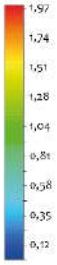
5e

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.



Velocidade (m/s)



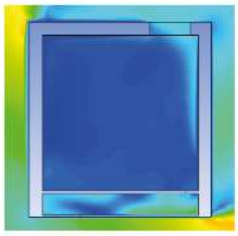
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,10	0,17	0,03	0,09	0,12	0,16	0,12	0,09
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,11	0,10	0,09	0,06	0,04	0,16	0,11	0,12
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,18	0,20	0,14	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,13 m³/s
Número de Renovações/hora = 19

METODOLOGIA ASHRAE

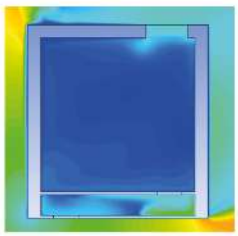
Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

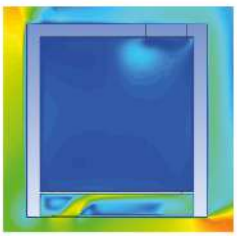
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

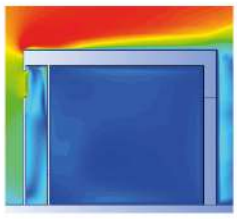
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

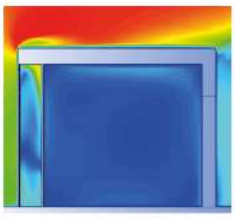
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

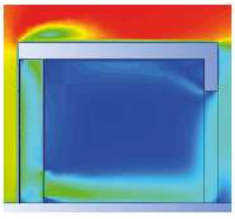
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

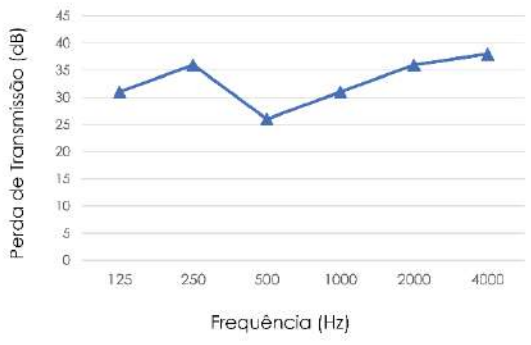
Desvio padrão 0,03

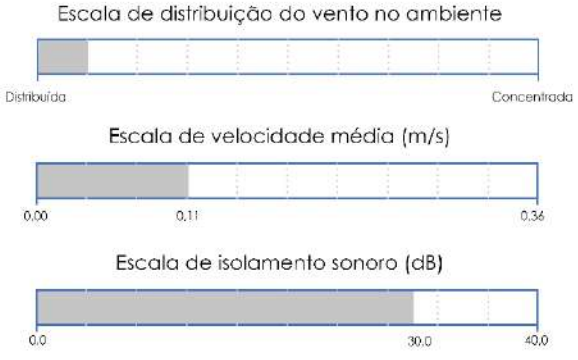


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,05





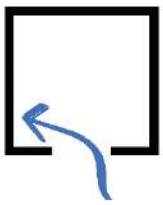
Considerações:

Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que o fluxo é direcionado para a saída, visto que a abertura se localiza quase no piso e bem em frente à porta.

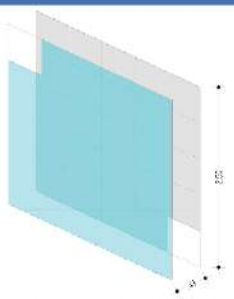
Dados do Componente:

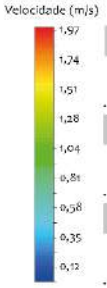
5e

135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados.





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,10	0,15	0,12	0,09	0,09	0,09	0,11	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,13	0,09	0,01	0,06	0,02	0,13	0,13	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,12	0,16	0,14	0,15	0,11	0,09	0,11	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 1.5

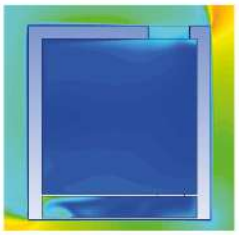
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 13

Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

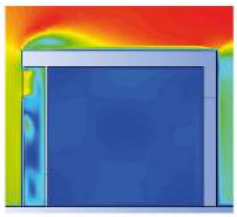
Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 3

Velocidade do ar: 0,12 m/s

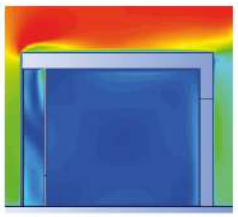
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

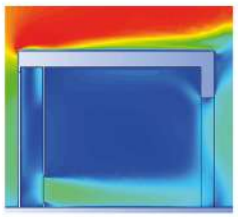
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

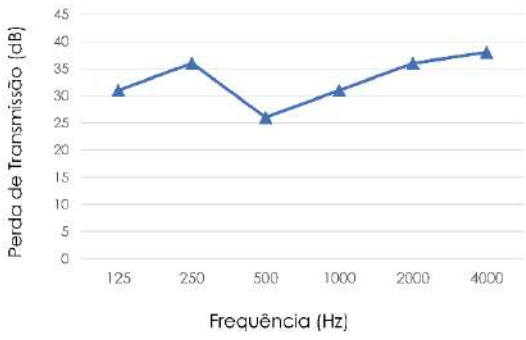
Desvio padrão 0,03

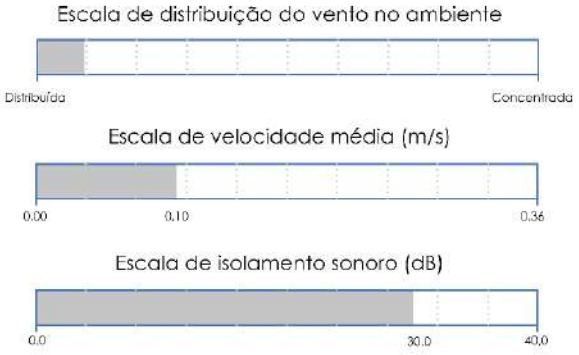


Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04



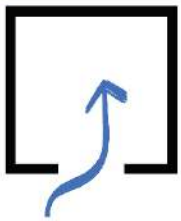


Considerações:

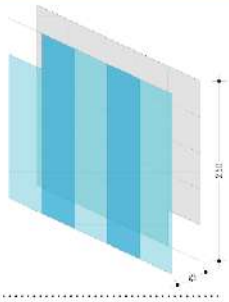
O mesmo que ocorre nas outras incidências também ocorre nessa.

5f
180°

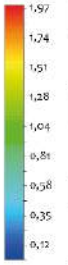
Dados do Componente:



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados e material de absorção sonora em uma das placas



Velocidade (m/s)



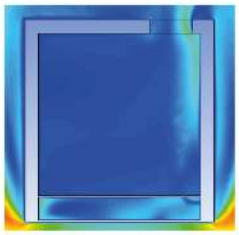
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,07	0,09	0,23	0,08	0,09	0,23	0,07	0,08	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,10	0,10	0,08	0,03	0,02	0,09	0,09	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,06	0,09	0,20	0,08	0,14	0,13	0,06	0,09	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,15 m³/s
Número de Renovações/hora = 22

METODOLOGIA ASHRAE

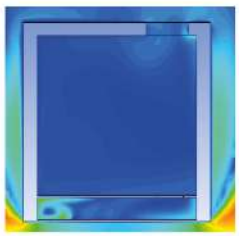
Vazão = 0,19 m³/s
Número de Renovações/hora = 28



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

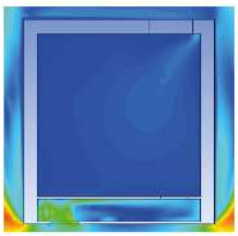
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

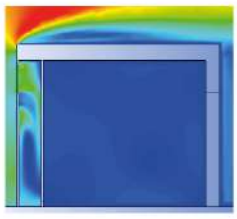
Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

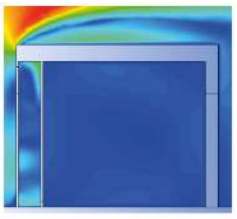
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

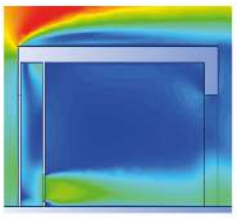
Desvio padrão 0,01



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

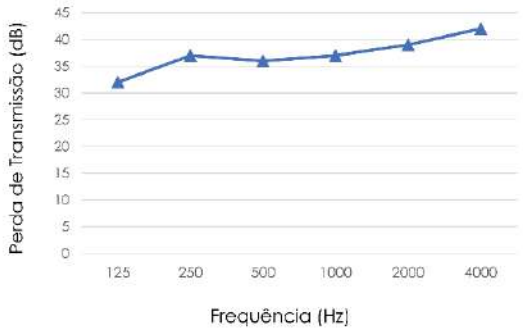
Desvio padrão 0,03

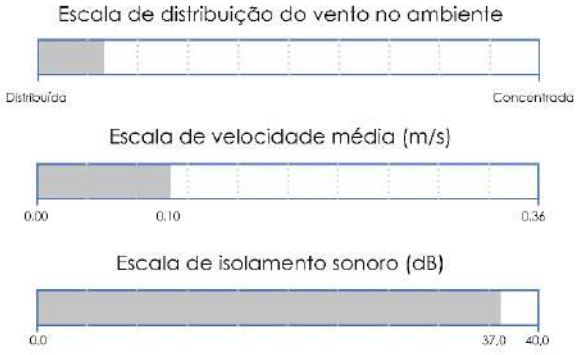


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,07





Considerações:

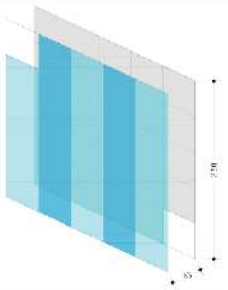
A inserção do material de absorção sonora não provoca alterações significativas no fluxo de vento que entra no ambiente, logo a situação aqui é semelhante do que ocorre no componente 5e 180°. Entretanto, a inclusão desse material aumenta o desempenho do sistema para o controle de ruído, com um R_w de 37 dB.

Dados do Componente:

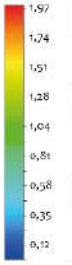
5f

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados e material de absorção sonora em uma das placas



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,11	0,19	0,10	0,10	0,12	0,16	0,11	0,09
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,13	0,07	0,08	0,03	0,04	0,18	0,12	0,12
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,20	0,16	0,14	0,13	0,12	0,09	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

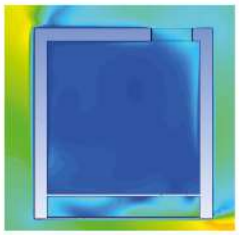
Vazão = 0,12 m³/s

Número de Renovações/hora = 18

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,10 m³/s

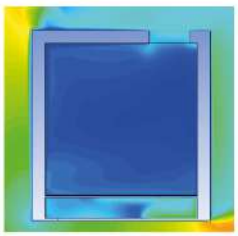
Número de Renovações/hora = 15



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

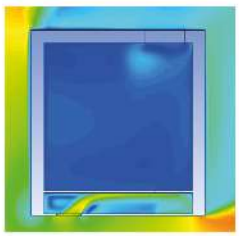
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

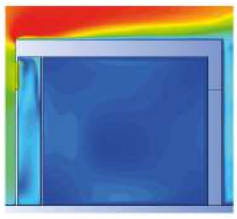
Desvio padrão 0,05



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

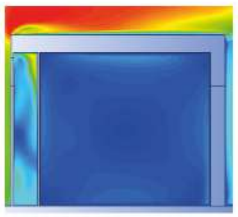
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

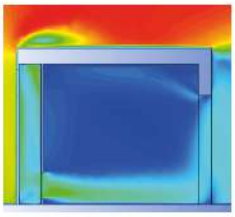
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

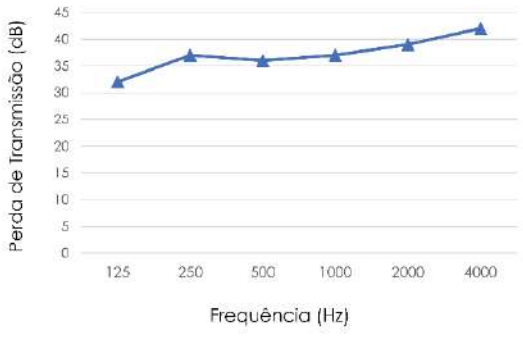
Desvio padrão 0,03

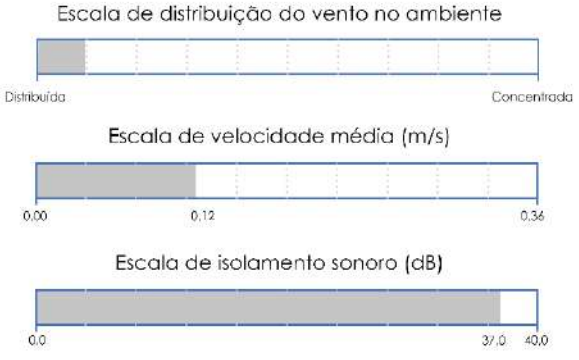


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,05





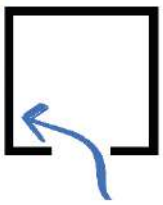
Considerações:

Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que a inserção do material de absorção sonora não provoca alterações significativas no fluxo de vento

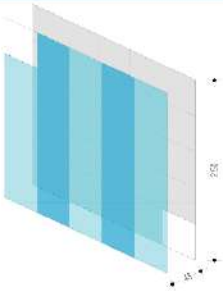
Dados do Componente:

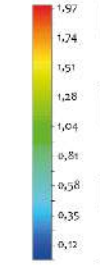
5f

135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados e material de absorção sonora em uma das placas





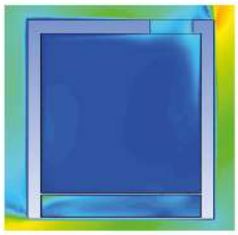
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,09	0,14	0,13	0,09	0,11	0,11	0,10	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,12	0,07	0,02	0,02	0,03	0,15	0,12	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,11	0,15	0,16	0,14	0,10	0,10	0,10	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 15

METODOLOGIA ASHRAE

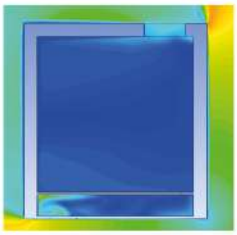
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 13



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

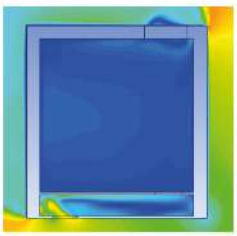
Desvio padrão 0,02



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

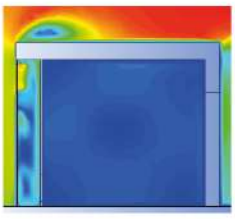
Desvio padrão 0,05



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

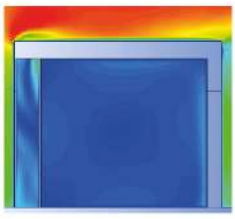
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

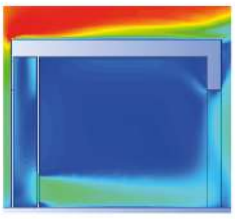
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

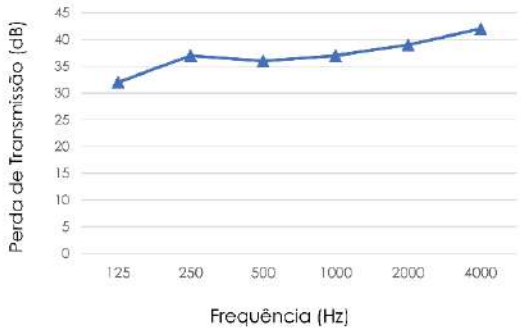
Desvio padrão 0,03

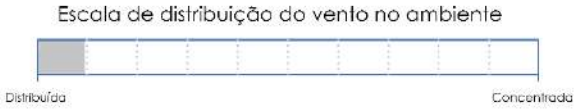


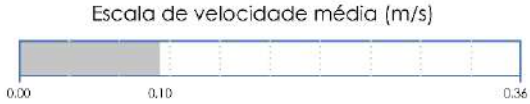
Plano 6

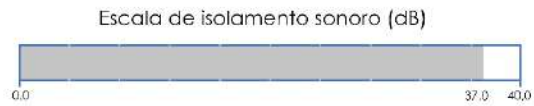
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04







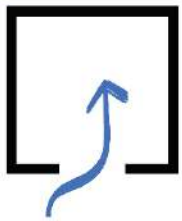


Considerações:

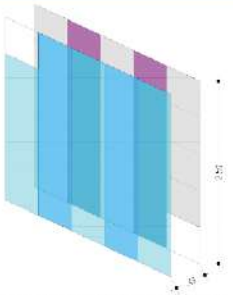
O mesmo que ocorre nos componentes 5f 180° e 5f 225° também ocorre neste.

Dados do Componente:

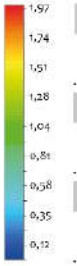
5g
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados e material de absorção sonora nas duas placas



Velocidade (m/s)



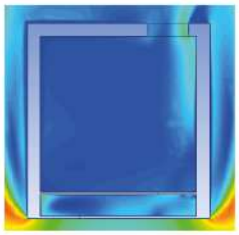
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,11	0,11	0,28	0,12	0,10	0,24	0,09	0,10	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,13	0,12	0,06	0,05	0,03	0,11	0,12	0,14
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,19	0,12	0,15	0,18	0,08	0,10	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,15 m³/s
Número de Renovações/hora = 22

METODOLOGIA ASHRAE

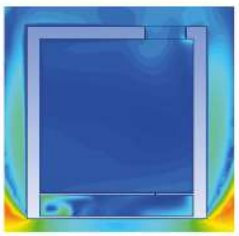
Vazão = 0,19 m³/s
Número de Renovações/hora = 28



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

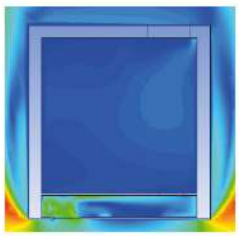
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

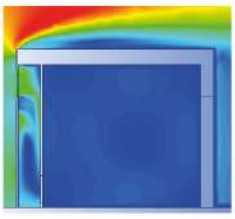
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,12 m/s

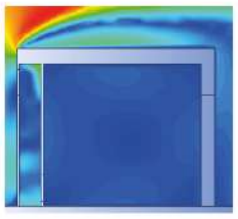
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

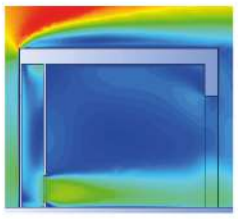
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

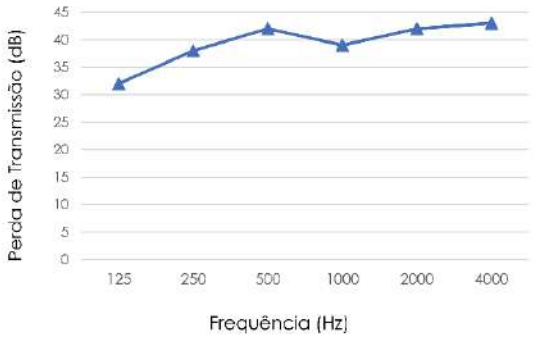
Desvio padrão 0,03

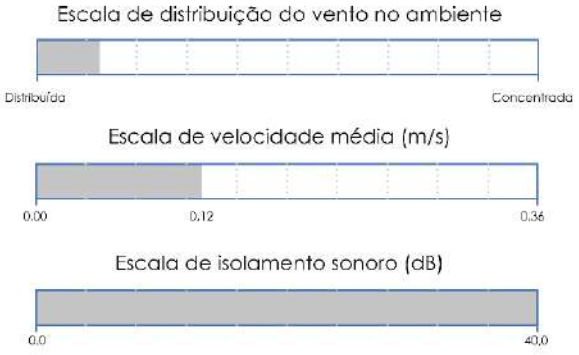


Plano 6

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,08





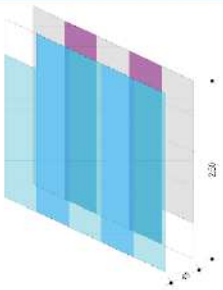
Considerações:

A inserção de mais duas faixas de material de absorção sonora continua sem proporcionar mudanças significativas no fluxo de vento. Entretanto, houve um adicional na perda de transmissão sonora, atingindo um R_w de 40 dB.

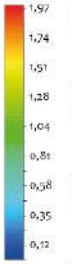
Dados do Componente:

5g
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados e material de absorção sonora nas duas placas



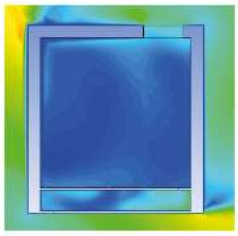
Velocidade (m/s)



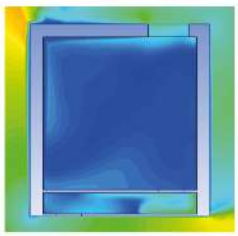
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,20	0,15	0,12	0,10	0,12	0,07	0,07	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,09	0,05	0,16	0,06	0,09	0,10	0,20	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,10	0,12	0,17	0,14	0,06	0,13	0,12	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,13 m³/s
Número de Renovações/hora = 20

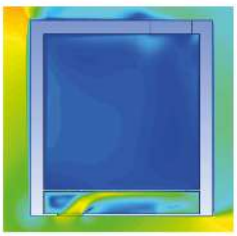
METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 17



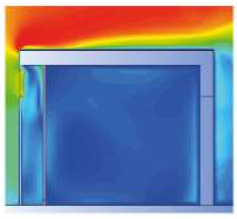
Plano 1
Velocidade do ar: 0,12 m/s
Desvio padrão 0,04



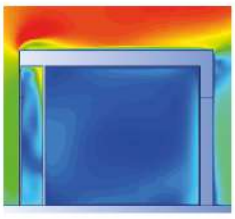
Plano 2
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,05



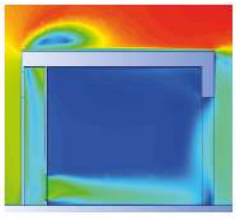
Plano 3
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,04



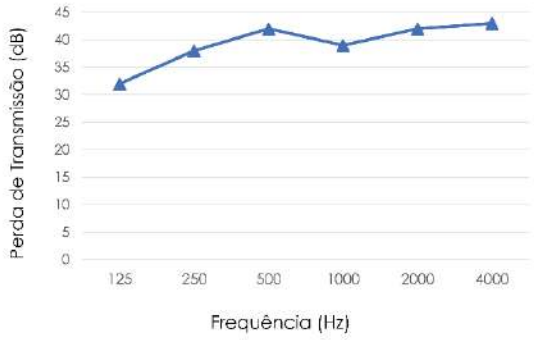
Plano 4
Velocidade do ar: 0,12 m/s
Desvio padrão 0,03

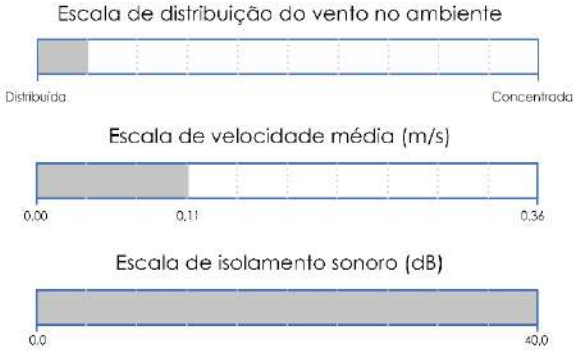


Plano 5
Velocidade do ar: 0,19 m/s
Desvio padrão 0,20



Plano 6
Velocidade do ar: 0,09 m/s
Desvio padrão 0,03



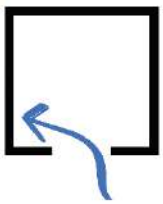


Considerações:

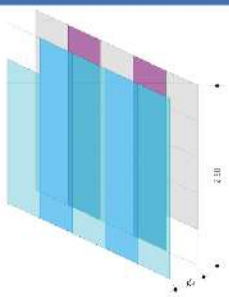
Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que a inserção do material de absorção sonora não provoca alterações significativas no fluxo de vento .

Dados do Componente:

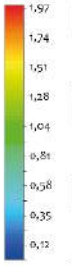
5g
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 2,50 m
Espessura: 0,43 m
Altura: 2,50 m
Aberturas: 0,50 x 0,50 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,10 m
Fachada dupla com grid de 25 quadrados e material de absorção sonora nas duas placas



Velocidade (m/s)



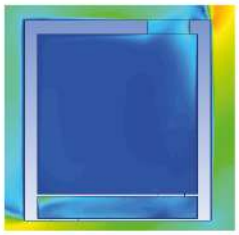
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,09	0,20	0,11	0,09	0,13	0,12	0,10	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,11	0,08	0,04	0,05	0,05	0,16	0,12	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,08	0,21	0,16	0,12	0,12	0,10	0,08	0,08

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 1.5

METODOLOGIA ASHRAE

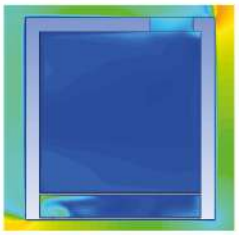
Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 13



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

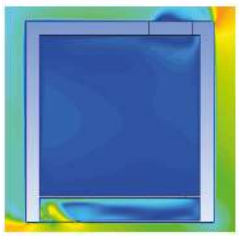
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,09 m/s

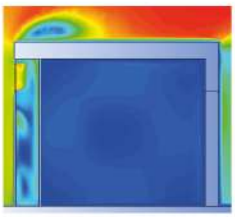
Desvio padrão 0,04



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

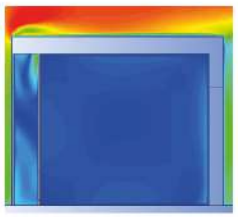
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

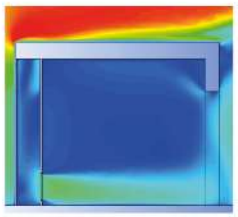
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

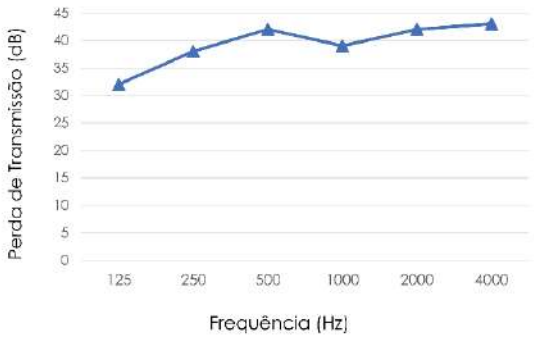
Desvio padrão 0,02

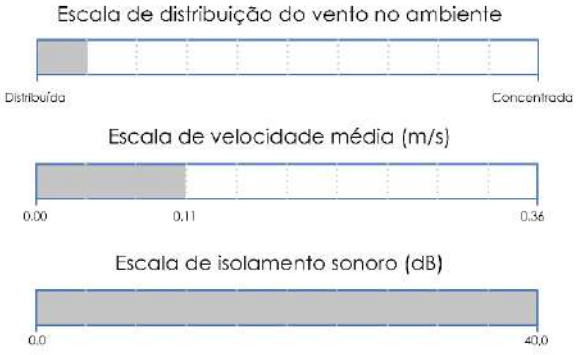


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,06



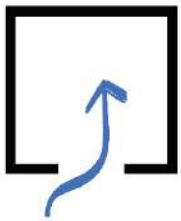


Considerações:

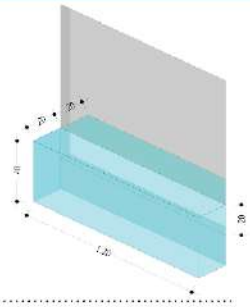
O mesmo que ocorre nos componentes 5g 180° e 5g 225° também ocorre neste.

Dados do Componente:

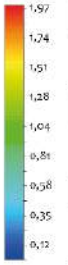
6a
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,20 m
Altura: 0,40 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado curto, sem inserção de material de absorção sonora.



Velocidade (m/s)



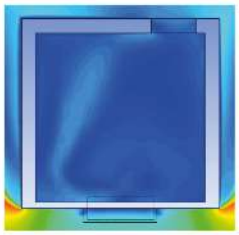
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,07	0,13	0,07	0,13	0,08	0,05	0,20	0,12	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,10	0,19	0,12	0,04	0,21	0,30	0,12	0,12	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,12	0,15	0,09	0,06	0,13	0,09	0,13

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,12 m³/s
Número de Renovações/hora = 18

METODOLOGIA ASHRAE

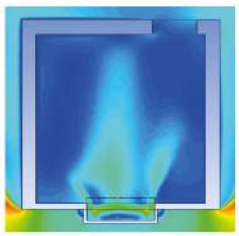
Vazão = 0,16 m³/s
Número de Renovações/hora = 23



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

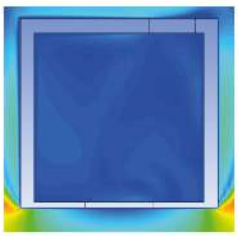
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15m/s

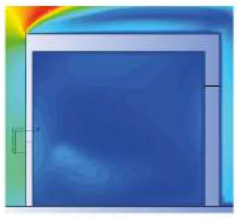
Desvio padrão 0,08



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

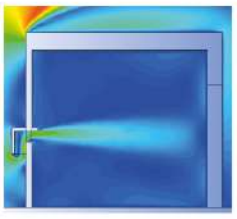
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

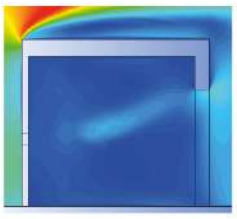
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

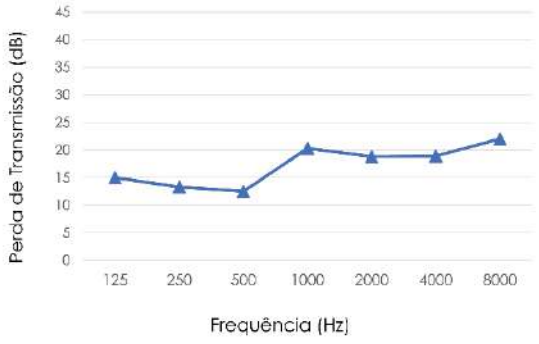
Desvio padrão 0,05

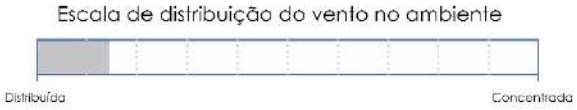


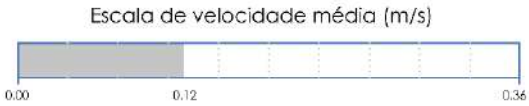
Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,07







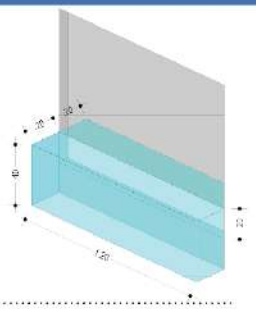
Considerações:

Nesta incidência, a presença de um peitoril ventilado promove boa ventilação complementar na parte central do ambiente. Quanto ao controle do ruído, a diferença padronizada de nível em 1000 Hz é 20,3 dB e a ponderada, 17 dB. Dessa forma, pode-se dizer que entre os componentes avaliados, este promove boa atenuação.

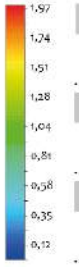
Dados do Componente:

6a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,20 m
Altura: 0,40 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado curto, sem inserção de material de absorção sonora.



Velocidade (m/s)



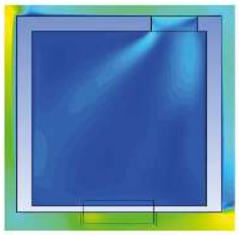
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,02	0,21	0,29	0,16	0,07	0,10	0,14	0,09	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,08	0,17	0,07	0,07	0,14	0,19	0,12	0,05
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,03	0,09	0,07	0,09	0,06	0,10	0,15	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 11

METODOLOGIA ASHRAE

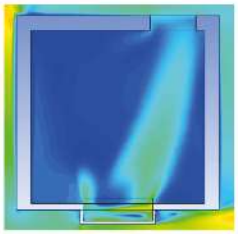
Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,08



Plano 2

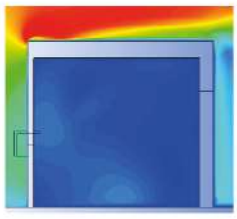
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

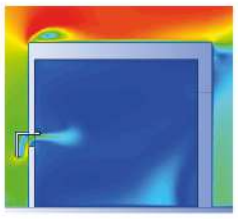
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

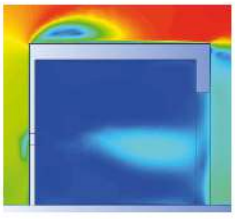
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

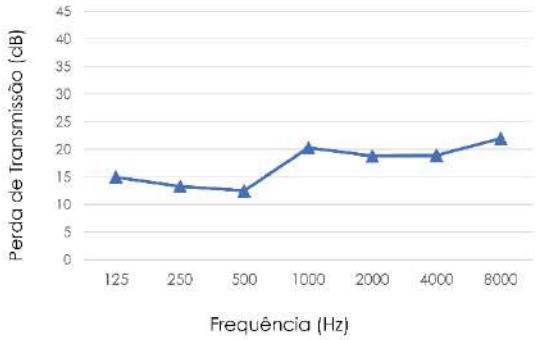
Desvio padrão 0,05

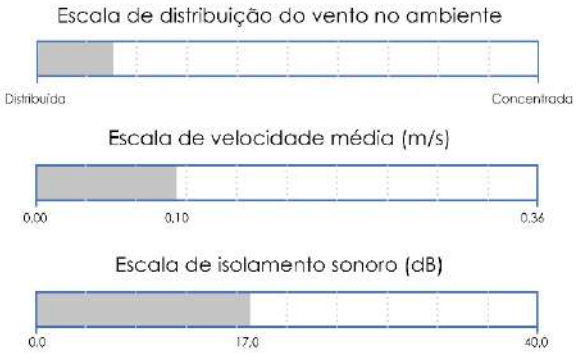


Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,08



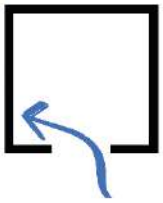


Considerações:

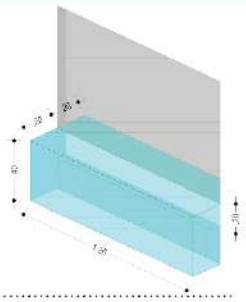
Para esta incidência, o componente também promove boa ventilação, apesar de um pouco mais concentrada na direção da saída do fluxo.

Dados do Componente:

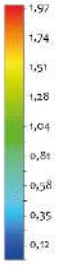
6a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,20 m
Altura: 0,40 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado curto, sem inserção de material de absorção sonora.



Velocidade (m/s)



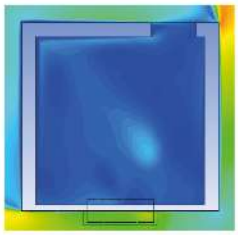
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,14	0,07	0,08	0,10	0,20	0,06	0,09	0,14	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,24	0,02	0,12	0,37	0,12	0,08	0,08	0,08	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,08	0,11	0,06	0,05	0,10	0,04	0,09	0,08

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,13 m³/s
Número de Renovações/hora = 19

METODOLOGIA ASHRAE

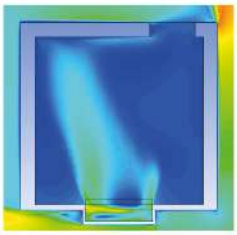
Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

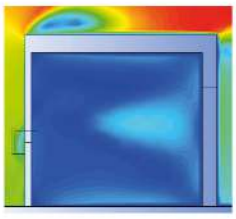
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

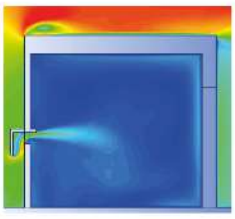
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,14 m/s

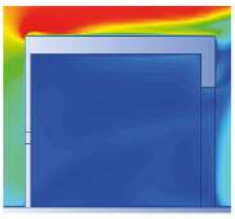
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

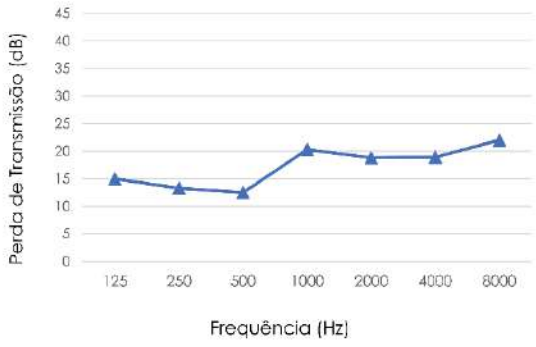
Desvio padrão 0,05

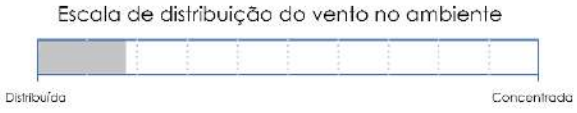


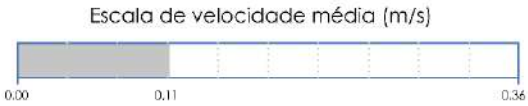
Plano 6

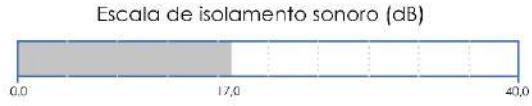
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,02







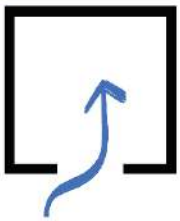


Considerações:

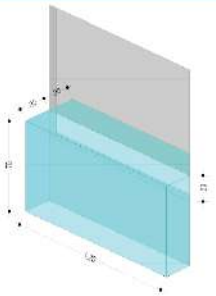
Aqui, ocorre uma situação oposta da incidência de 225°. O fluxo de vento, entra na diagonal no ambiente, encaminhando-se para o canto posterior esquerdo.

Dados do Componente:

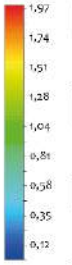
6b
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,20 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, sem inserção de material de absorção sonora.



Velocidade (m/s)



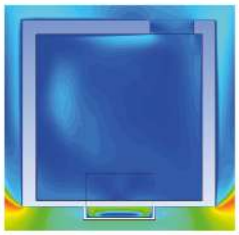
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,13	0,14	0,13	0,24	0,11	0,09	0,12	0,13	0,12
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,36	0,10	0,05	0,32	0,11	0,16	0,18	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,08	0,11	0,20	0,09	0,05	0,18	0,06	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21

METODOLOGIA ASHRAE

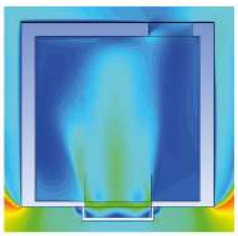
Vazão = 0,18 m³/s
Número de Renovações/hora = 27



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

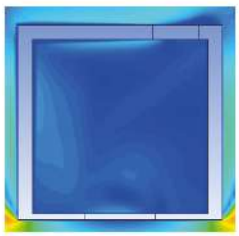
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,17m/s

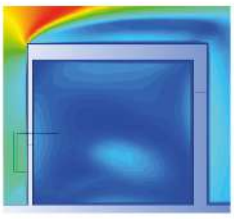
Desvio padrão 0,10



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

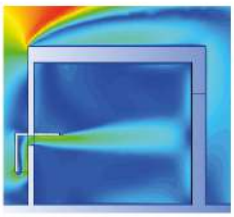
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 5

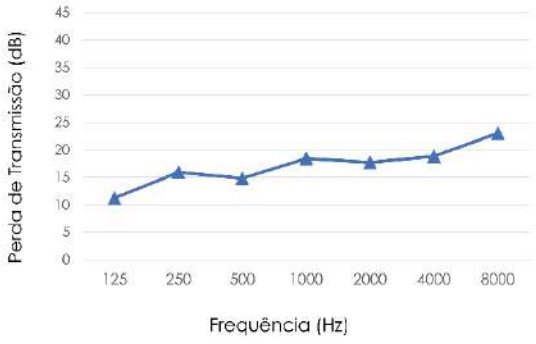
Velocidade do ar: 0,16 m/s

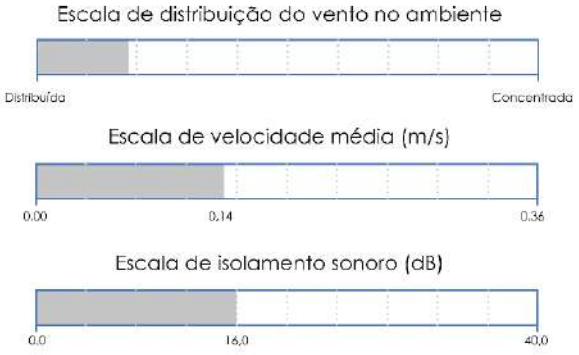
Desvio padrão 0,11

Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,02





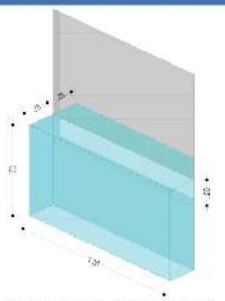
Considerações:

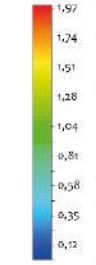
Aqui, o peitoril mais longo promove uma ventilação que abrange praticamente todo o Plano 2. Quanto ao controle do ruído, a diferença padronizada de nível em 1000 Hz é 18,5 dB e a ponderada, 16 dB.

Dados do Componente:

6b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,20 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, sem inserção de material de absorção sonora.





PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,09	0,11	0,12	0,28	0,08	0,14	0,14	0,12	0,11

PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,15	0,13	0,14	0,05	0,11	0,08	0,11	0,08	0,10

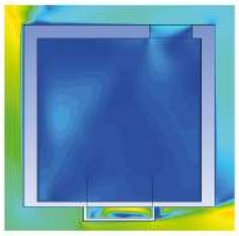
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,04	0,10	0,17	0,10	0,14	0,15	0,10	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 10

METODOLOGIA ASHRAE

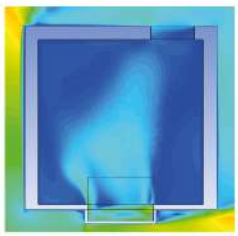
Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,13 m/s

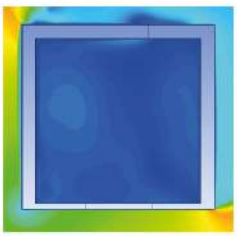
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,11 m/s

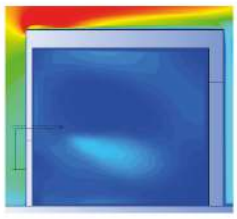
Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

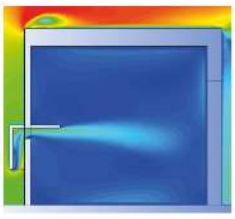
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,14 m/s

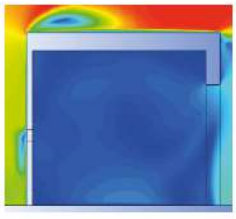
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

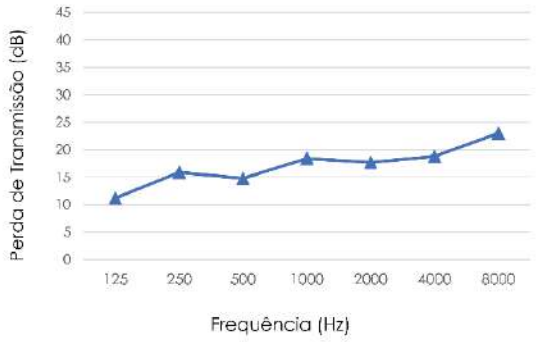
Desvio padrão 0,03

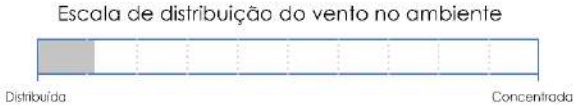


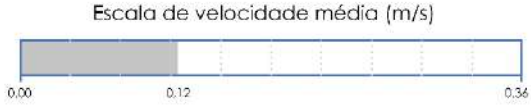
Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,03





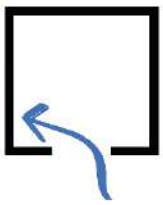


Considerações:

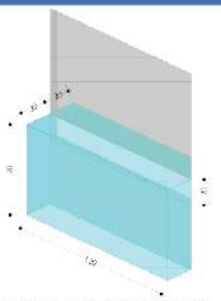
Nesta incidência, comparada à anterior, o fluxo de vento perde um pouco de velocidade com o peitoril mais longo. Mas também há um espalhamento pelo plano 2.

Dados do Componente:

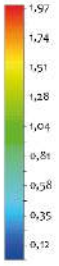
6b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,20 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, sem inserção de material de absorção sonora.



Velocidade (m/s)



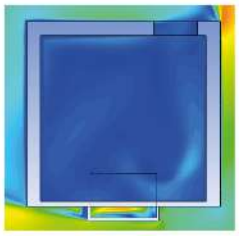
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,03	0,10	0,11	0,07	0,15	0,11	0,12	0,23
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,19	0,18	0,08	0,10	0,13	0,05	0,10	0,13	0,14
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,06	0,08	0,14	0,06	0,14	0,07	0,08	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 1.5

METODOLOGIA ASHRAE

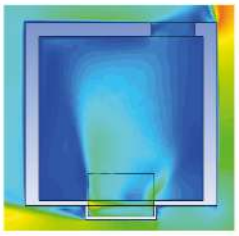
Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

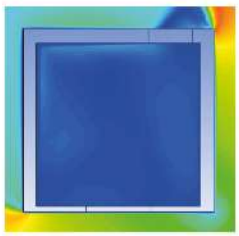
Desvio padrão 0,06



Plano 2

Velocidade do ar: 0,12 m/s

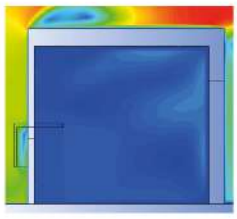
Desvio padrão 0,05



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

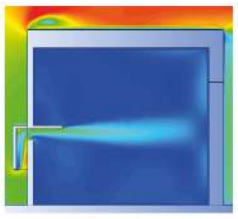
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

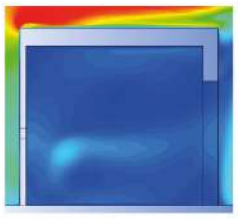
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

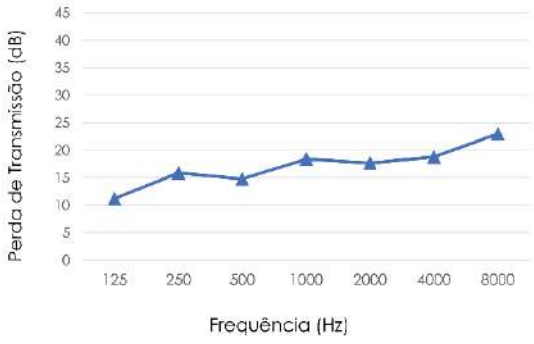
Desvio padrão 0,05

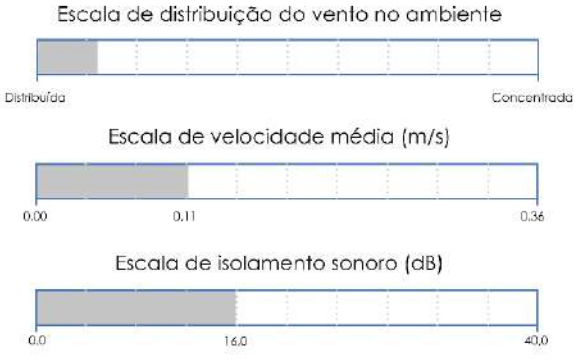


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12m/s

Desvio padrão 0,05



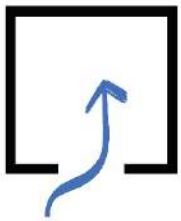


Considerações:

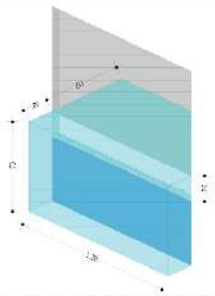
Assim como na incidência 225°, o fluxo de vento, por incidir de forma oblíqua, perde um pouco de velocidade dentro do peitoril longo. No entanto, devido ao posicionamento da porta, há um maior espalhamento do fluxo pelo plano 2.

Dados do Componente:

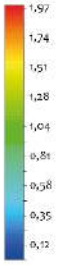
6c
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,60 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, com extensão interna e inserção de material de absorção sonora na fachada externa



Velocidade (m/s)



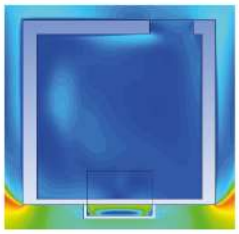
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,11	0,14	0,12	0,25	0,11	0,09	0,13	0,15	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,35	0,08	0,05	0,31	0,11	0,17	0,18	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,08	0,11	0,21	0,09	0,04	0,18	0,08	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21

METODOLOGIA ASHRAE

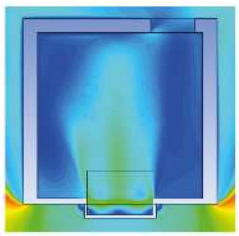
Vazão = 0,18 m³/s
Número de Renovações/hora = 27



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

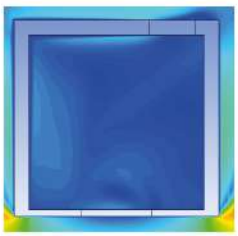
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,17 m/s

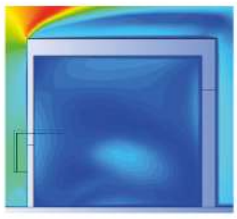
Desvio padrão 0,10



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

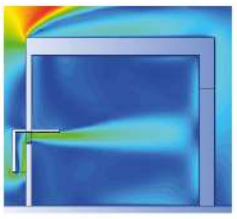
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

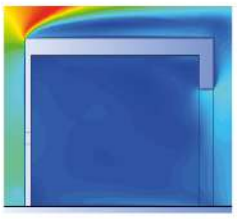
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,17 m/s

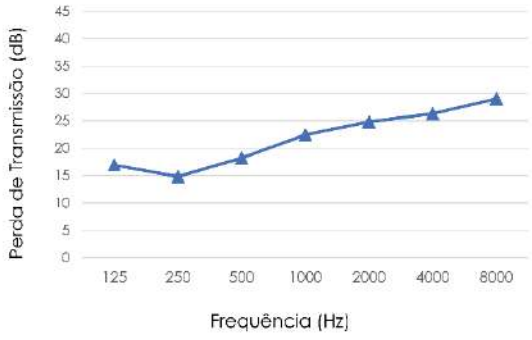
Desvio padrão 0,10

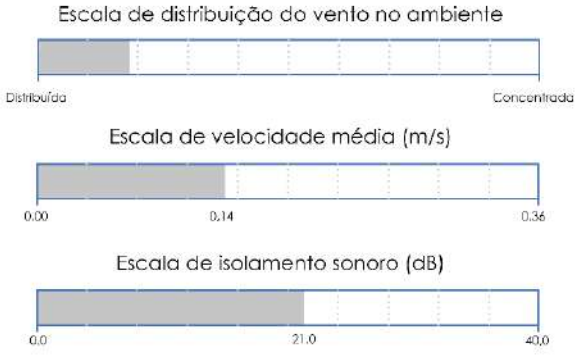


Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,03





Considerações:

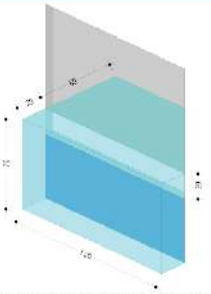
O prolongamento do peitoril, juntamente com a inclusão de material de absorção sonora, não trouxe alterações para a questão dos fluxos de vento, porém trouxe um acréscimo na atenuação do ruído, com 22,4 dB de diferença de nível em 1000 Hz. Já o R_w subiu para 21 dB.

Dados do Componente:

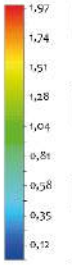
6c

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,60 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, com extensão interna e inserção de material de absorção sonora na fachada externa



Velocidade (m/s)



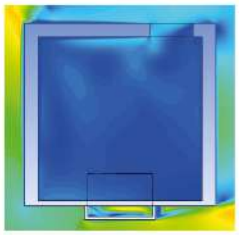
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,15	0,16	0,09	0,04	0,11	0,13	0,13	0,09	0,05
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,34	0,08	0,23	0,30	0,11	0,19	0,18	0,12
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,18	0,08	0,10	0,21	0,12	0,11	0,17	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 9

METODOLOGIA ASHRAE

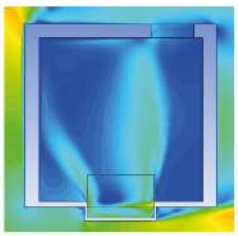
Vazão = 0,05 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

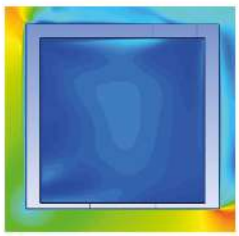
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,18 m/s

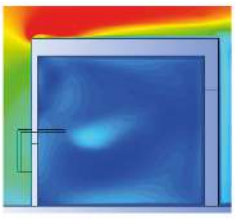
Desvio padrão 0,10



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

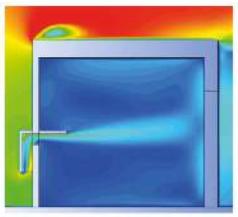
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,13 m/s

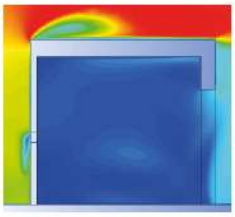
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,19 m/s

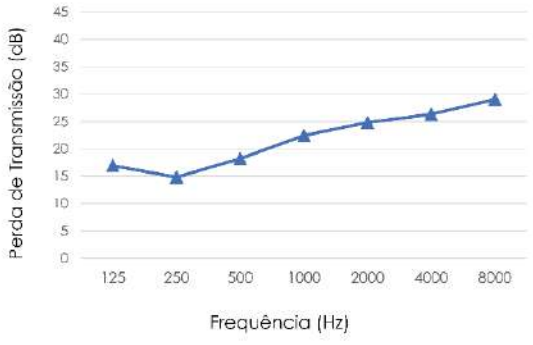
Desvio padrão 0,08

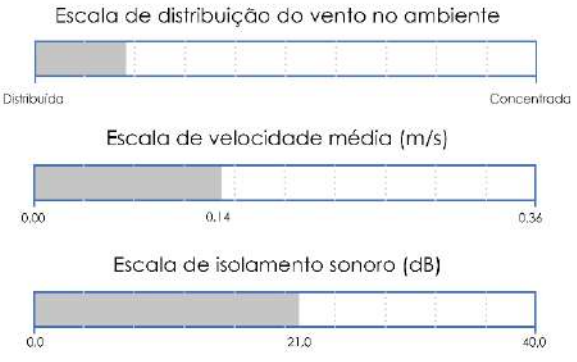


Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,03





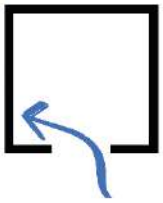
Considerações:

Aqui o prolongamento do peitoril para o interior do ambiente provocou uma separação do fluxo de vento com maior intensidade, trazendo uma maior distribuição para o ambiente.

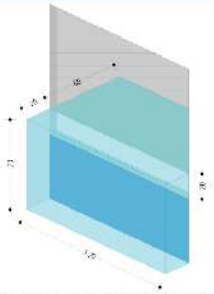
Dados do Componente:

6c

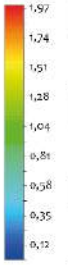
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,60 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, com extensão interna e inserção de material de absorção sonora na fachada externa



Velocidade (m/s)



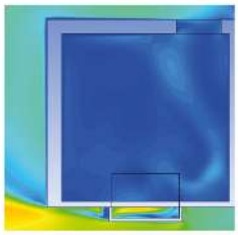
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,12	0,06	0,08	0,06	0,15	0,11	0,09	0,26
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,02	0,26	0,07	0,02	0,15	0,06	0,11	0,04	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,09	0,05	0,05	0,07	0,08	0,04	0,07	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

METODOLOGIA ASHRAE

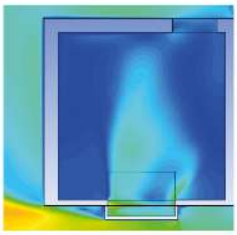
Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 10



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,07



Plano 2

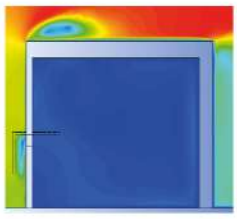
Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,08

Plano 3

Velocidade do ar: 0,06 m/s

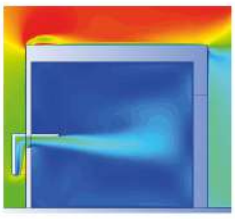
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

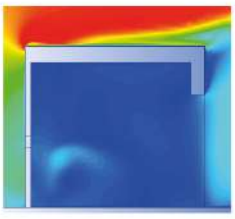
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

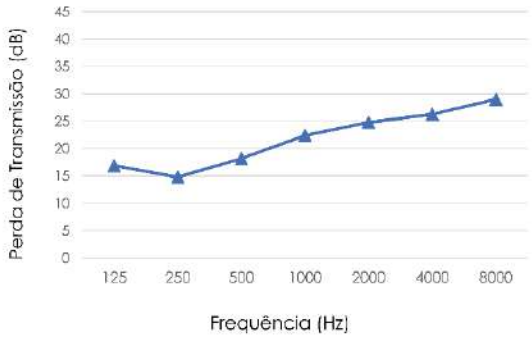
Desvio padrão 0,07



Plano 6

Velocidade do ar: 0,10m/s

Desvio padrão 0,07



Escala de distribuição do vento no ambiente

Escala de velocidade média (m/s)

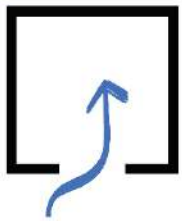
Escala de isolamento sonoro (dB)

Considerações:

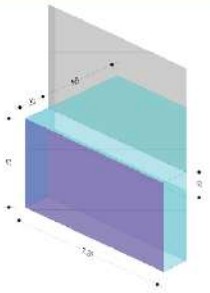
Assim como na incidência 225°, o fluxo de vento mais rápido, ao entrar no ambiente, separa-se, porém aqui isso ocorre com menor intensidade.

Dados do Componente:

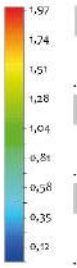
6d
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,60 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, com extensão interna e inserção de material de absorção sonora na fachada externa e no interior do peitoril



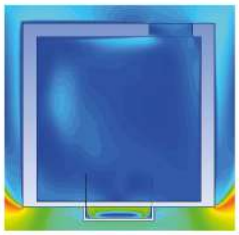
Velocidade (m/s)



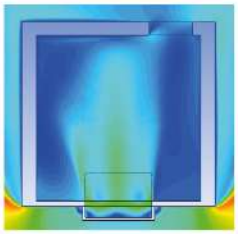
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,14	0,13	0,25	0,11	0,09	0,13	0,13	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,36	0,09	0,05	0,32	0,11	0,16	0,18	0,13
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,08	0,11	0,21	0,09	0,05	0,18	0,07	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA
Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21

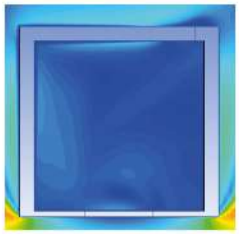
METODOLOGIA ASHRAE
Vazão = 0,18 m³/s
Número de Renovações/hora = 27



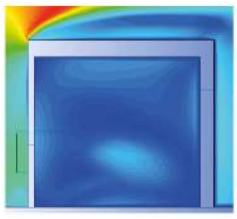
Plano 1
Velocidade do ar: 0,14 m/s
Desvio padrão 0,05



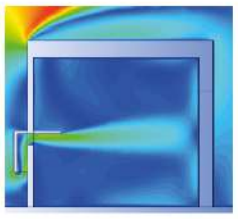
Plano 2
Velocidade do ar: 0,17 m/s
Desvio padrão 0,10



Plano 3
Velocidade do ar: 0,11 m/s
Desvio padrão 0,05

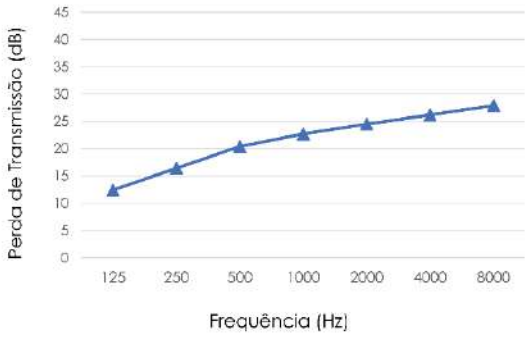


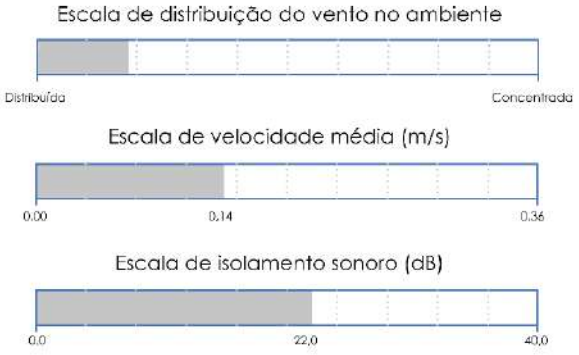
Plano 4
Velocidade do ar: 0,15 m/s
Desvio padrão 0,06



Plano 5
Velocidade do ar: 0,16 m/s
Desvio padrão 0,10

Plano 6
Velocidade do ar: 0,10 m/s
Desvio padrão 0,03





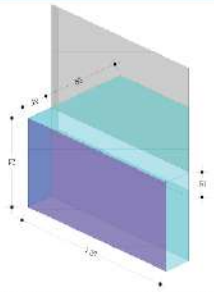
Considerações:

Novamente, a inserção de mais material de absorção sonora não trouxe diferenças significativas para os fluxos de vento, porém trouxe ainda mais atenuação de ruído, com 22,7 dB de diferença de nível em 1000 Hz. Já o R_w subiu para 22 dB.

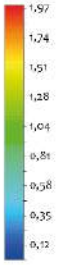
Dados do Componente:

6d
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,60 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, com extensão interna e inserção de material de absorção sonora na fachada externa e no interior do peitoril



Velocidade (m/s)



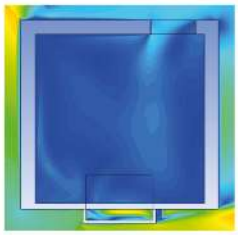
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,09	0,11	0,05	0,15	0,08	0,19	0,02	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,03	0,17	0,27	0,18	0,10	0,26	0,11	0,05	0,14
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,13	0,14	0,09	0,16	0,10	0,08	0,09	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 10

METODOLOGIA ASHRAE

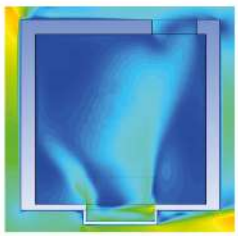
Vazão = 0,06 m³/s
Número de Renovações/hora = 8



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

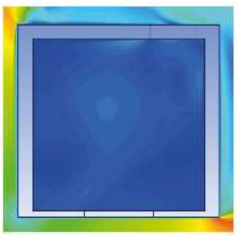
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15 m/s

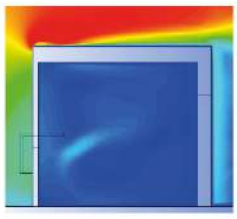
Desvio padrão 0,08



Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

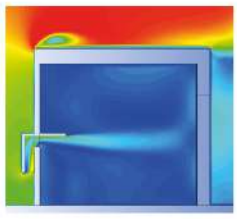
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

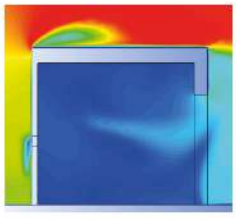
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,11 m/s

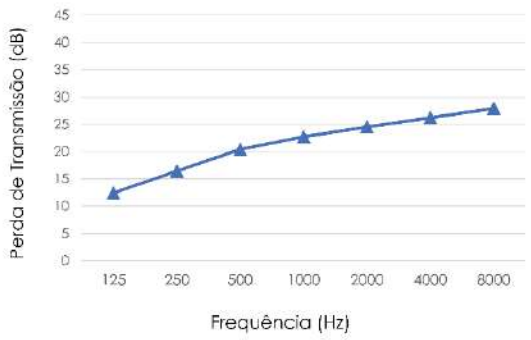
Desvio padrão 0,05

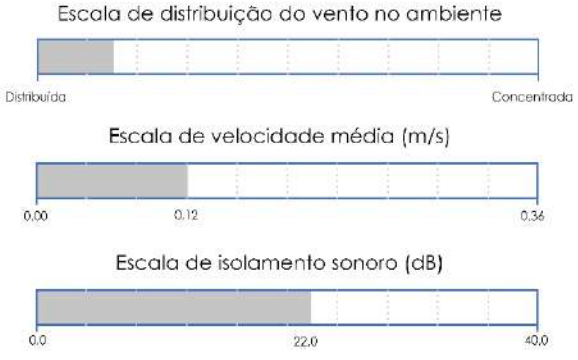


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,07



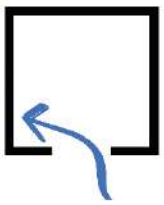


Considerações:

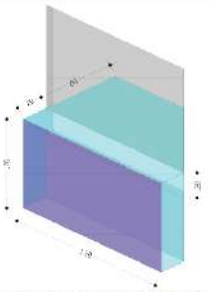
A inserção de mais uma faixa de material de absorção sonora, provocou uma sutil diferença na forma que o fluxo entra no ambiente, perceptível no plano 5. Ao invés de se inclinar para cima, como ocorre no componente 6c 225°, ele entra de forma reta.

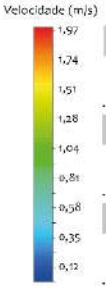
Dados do Componente:

6d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,20 m
Espessura: 0,20 + 0,60 m
Altura: 0,70 m
Aberturas: 1,20 x 0,20 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 1,12 m
Peitoril ventilado longo, com extensão interna e inserção de material de absorção sonora na fachada externa e no interior do peitoril





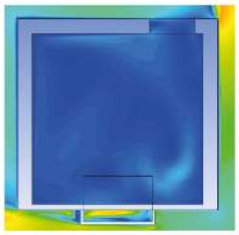
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,14	0,08	0,09	0,07	0,13	0,12	0,11	0,24
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,12	0,10	0,07	0,10	0,02	0,12	0,06	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,07	0,05	0,07	0,03	0,10	0,07	0,07	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

METODOLOGIA ASHRAE

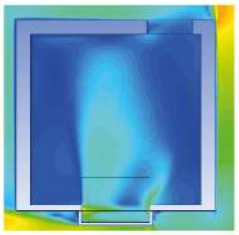
Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 10



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 2

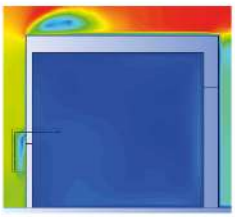
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03

Plano 3

Velocidade do ar: 0,06 m/s

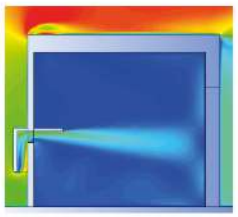
Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 5

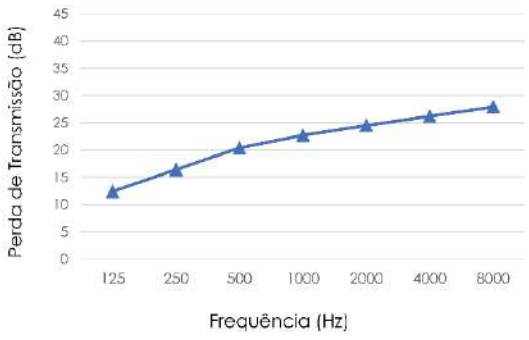
Velocidade do ar: 0,09 m/s

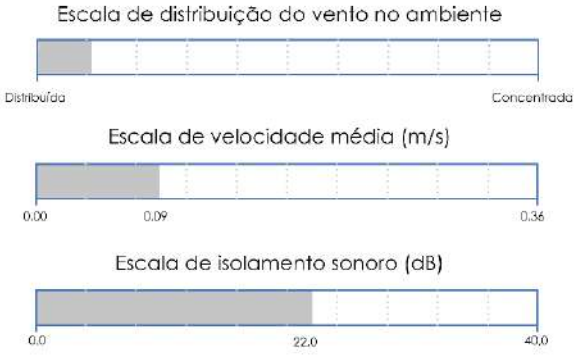
Desvio padrão 0,03

Plano 6

Velocidade do ar: 0,10m/s

Desvio padrão 0,06



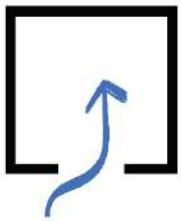


Considerações:

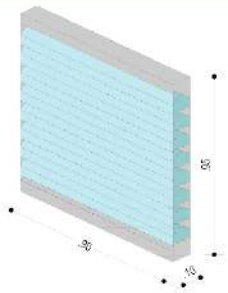
A inserção de mais uma faixa de material de absorção sonora aqui também provocou uma sutil diferença na forma que o fluxo entra no ambiente, perceptível no plano 5. Ao invés de se inclinar para cima, como ocorre no componente 6c 135°, ele entra de forma reta e se dirige um pouco para baixo.

Dados do Componente:

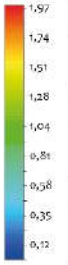
7a
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais sem inclinação



Velocidade (m/s)



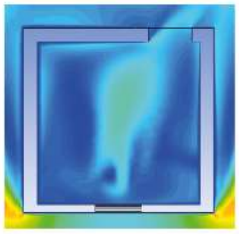
PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6	PC_7	PC_8	PC_9
0,18	0,39	0,20	0,15	0,65	0,14	0,16	0,41	0,20
PC_{10}	PC_{11}	PC_{12}	PC_{13}	PC_{14}	PC_{15}	PC_{16}	PC_{17}	PC_{18}
0,17	0,08	0,07	0,16	0,14	0,10	0,16	0,70	0,20
PC_{19}	PC_{20}	PC_{21}	PC_{22}	PC_{23}	PC_{24}	PC_{25}	PC_{26}	PC_{27}
0,12	0,08	0,10	0,18	0,17	0,03	0,17	0,19	0,15

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,28 m³/s
Número de Renovações/hora = 41

METODOLOGIA ASHRAE

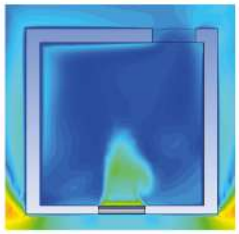
Vazão = 0,36 m³/s
Número de Renovações/hora = 53



Plano 1

Velocidade do ar: 0,28 m/s

Desvio padrão 0,17



Plano 2

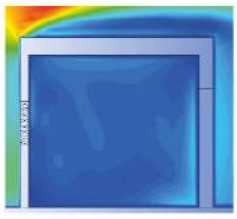
Velocidade do ar: 0,20 m/s

Desvio padrão 0,19

Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

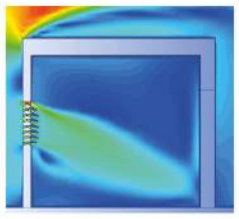
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,16 m/s

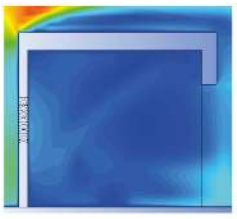
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,31 m/s

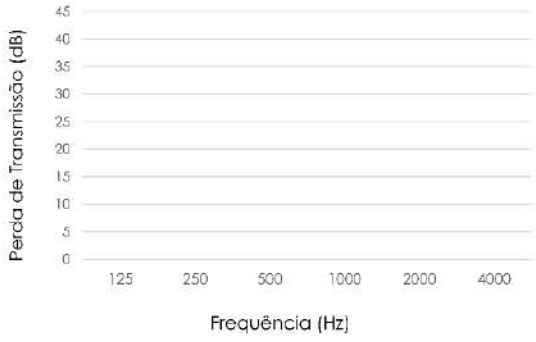
Desvio padrão 0,24

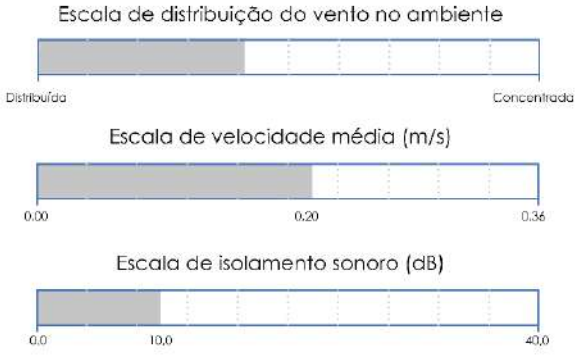


Plano 6

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,06





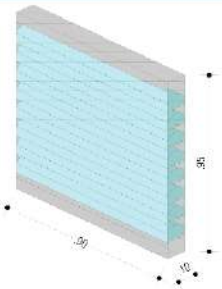
Considerações:

A geometria dos brises faz com que o vento entre no ambiente e se direcione para baixo, cortando os planos 2 e 1 e saindo pelo vão da porta. Quanto a perda de transmissão, o componente isola 10 dB (valor único), sem considerar as estruturas onde ele se insere. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

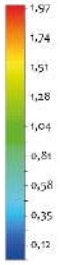
Dados do Componente:

7a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais sem inclinação



Velocidade (m/s)



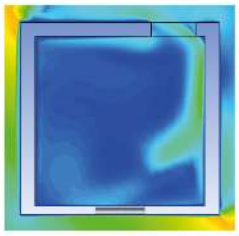
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,14	0,05	0,16	0,13	0,07	0,44	0,22	0,19	0,09
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,13	0,05	0,12	0,11	0,21	0,15	0,12	0,30
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,15	0,06	0,23	0,11	0,06	0,15	0,12	0,14

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,33 m³/s
Número de Renovações/hora = 49

METODOLOGIA ASHRAE

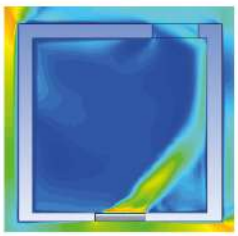
Vazão = 0,29 m³/s
Número de Renovações/hora = 43



Plano 1

Velocidade do ar: 0,17 m/s

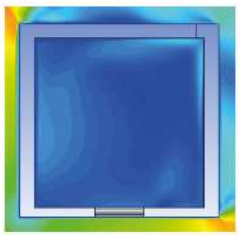
Desvio padrão 0,12



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15 m/s

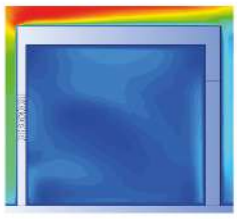
Desvio padrão 0,07



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

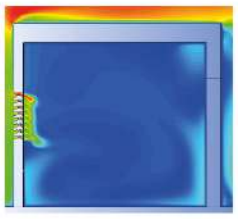
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,16 m/s

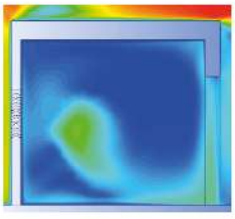
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

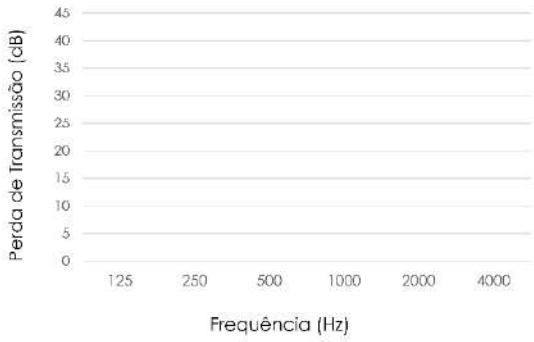
Desvio padrão 0,04

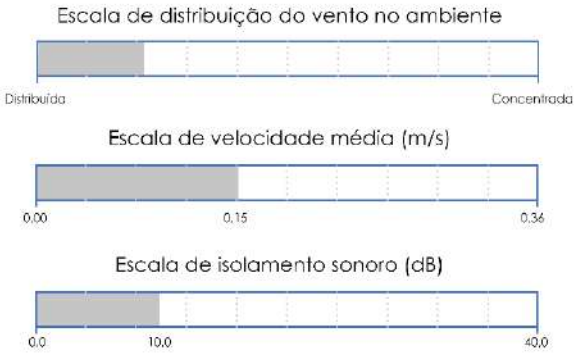


Plano 6

Velocidade do ar: 0,17 m/s

Desvio padrão 0,13



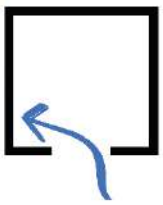


Considerações:

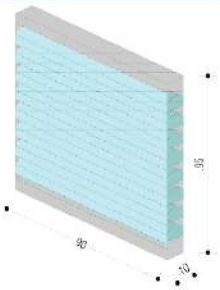
Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que a geometria dos brises faz com que o fluxo de vento se direcione para baixo. Neste caso, o vento entra no ambiente seguindo a incidência de origem. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

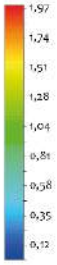
7a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais sem inclinação



Velocidade (m/s)



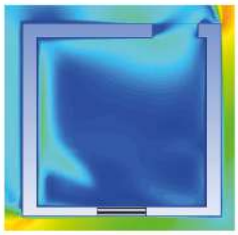
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,22	0,38	0,37	0,20	0,09	0,04	0,15	0,06	0,08
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,12	0,04	0,25	0,09	0,07	0,24	0,05	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,11	0,17	0,19	0,08	0,06	0,14	0,18	0,12	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,31 m³/s
Número de Renovações/hora = 46

METODOLOGIA ASHRAE

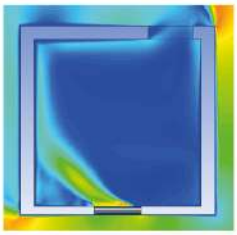
Vazão = 0,27 m³/s
Número de Renovações/hora = 40



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

Desvio padrão 0,13



Plano 2

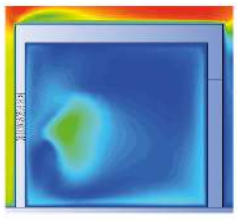
Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,08

Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

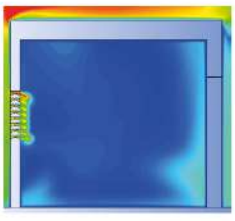
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,17 m/s

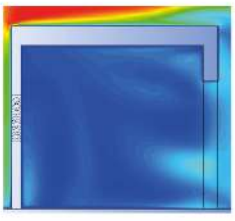
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

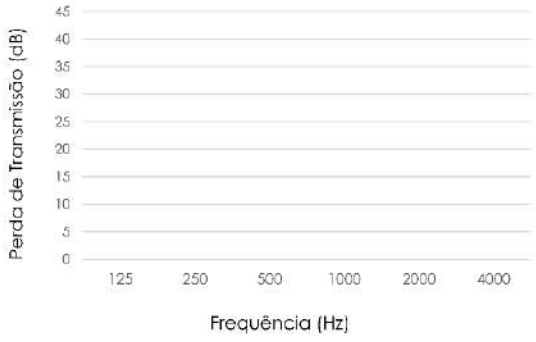
Desvio padrão 0,10

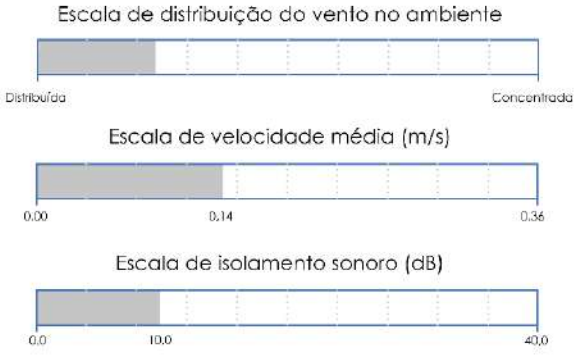


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,10



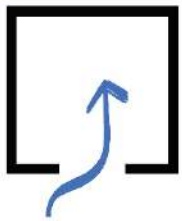


Considerações:

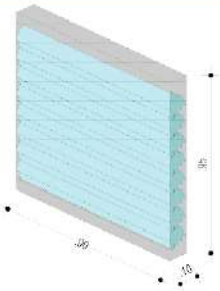
Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que a geometria dos brises faz com que o fluxo de vento se direcione para baixo. Neste caso, o vento entra no ambiente seguindo a incidência de origem. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

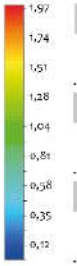
7b
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação interna de 25°



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,07	0,09	0,08	0,07	0,05	0,12	0,07	0,16	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,07	0,15	0,08	0,06	0,34	0,03	0,07	0,33	0,05
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,18	0,08	0,07	0,28	0,06	0,05	0,05	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 11

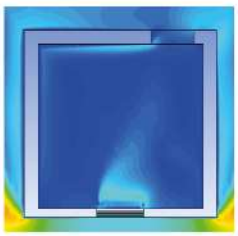
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 14

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09 m/s

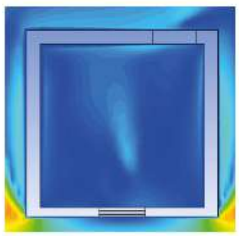
Desvio padrão 0,03



Plano 2

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,12



Plano 3

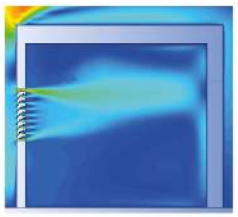
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,08

Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,01



Plano 5

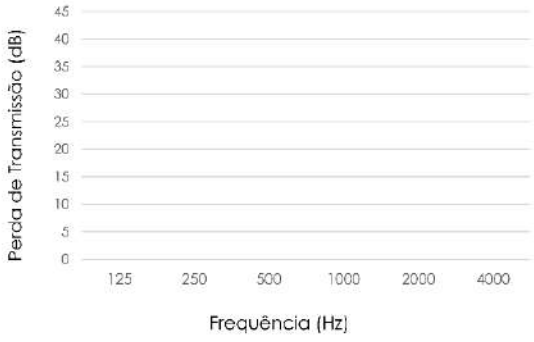
Velocidade do ar: 0,18 m/s

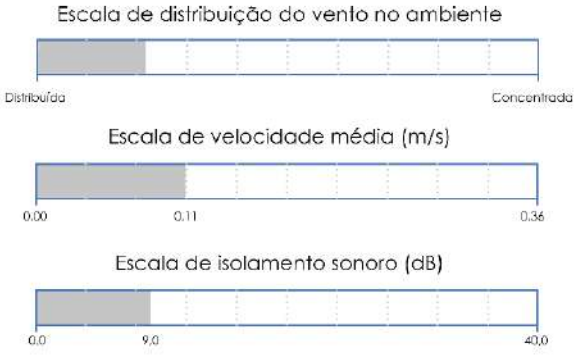
Desvio padrão 0,11

Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,03





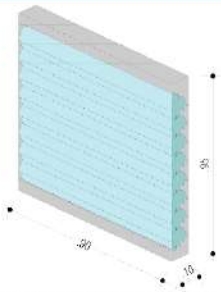
Considerações:

A inclinação dos brises alteraram o sentido do fluxo de vento que entra no ambiente. A parte mais ventilada aqui fica na altura dos usuários em pé. Em contrapartida, a modificação fez com que o componente perdesse um pouco do desempenho para acústica, com um R_w de 9 dB. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

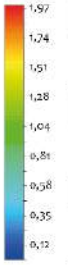
Dados do Componente:

7b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação interna de 25°



Velocidade (m/s)



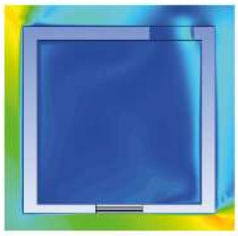
PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6	PC_7	PC_8	PC_9
0,06	0,10	0,17	0,11	0,09	0,08	0,08	0,13	0,18
PC_{10}	PC_{11}	PC_{12}	PC_{13}	PC_{14}	PC_{15}	PC_{16}	PC_{17}	PC_{18}
0,13	0,11	0,02	0,09	0,05	0,24	0,09	0,11	0,19
PC_{19}	PC_{20}	PC_{21}	PC_{22}	PC_{23}	PC_{24}	PC_{25}	PC_{26}	PC_{27}
0,04	0,06	0,08	0,07	0,08	0,10	0,08	0,18	0,17

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,15 m³/s
Número de Renovações/hora = 23

METODOLOGIA ASHRAE

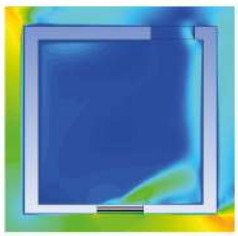
Vazão = 0,13 m³/s
Número de Renovações/hora = 20



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

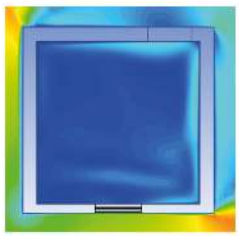
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,11 m/s

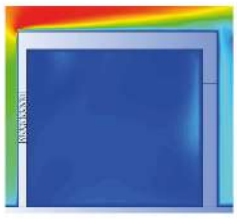
Desvio padrão 0,07



Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

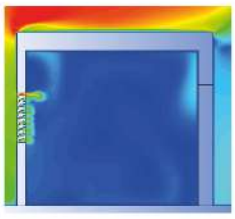
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

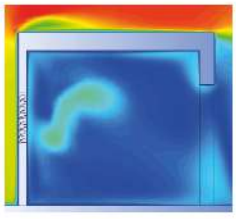
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

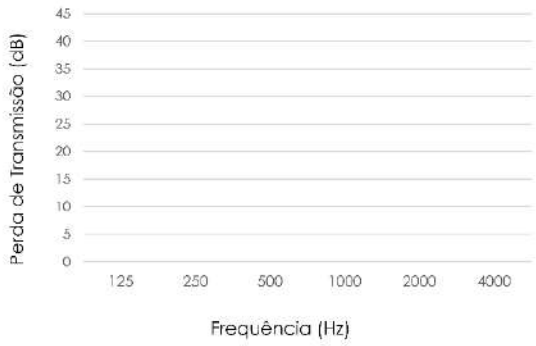
Desvio padrão 0,04

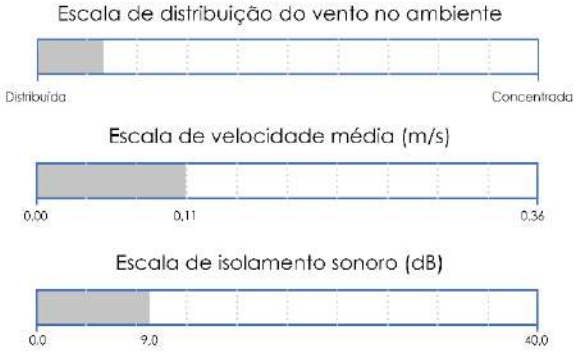


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,07



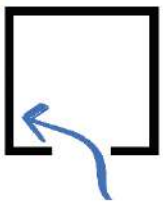


Considerações:

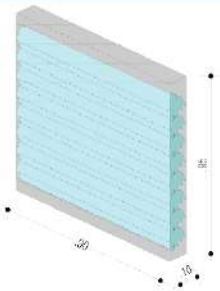
Para esta incidência, a inclinação dos brises faz com que o fluxo de vento entre no ambiente de forma bastante oblíqua à fachada. Assim, o fluxo logo encontra a parede da direita e a contorna até a abertura de saída. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

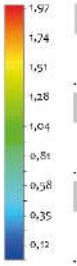
7b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação interna de 25°



Velocidade (m/s)



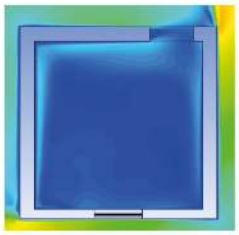
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,15	0,20	0,17	0,07	0,07	0,07	0,11	0,10	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,11	0,08	0,06	0,19	0,10	0,13	0,29	0,18	0,08
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,16	0,20	0,12	0,16	0,17	0,17	0,11	0,08	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,15 m³/s
Número de Renovações/hora = 22

METODOLOGIA ASHRAE

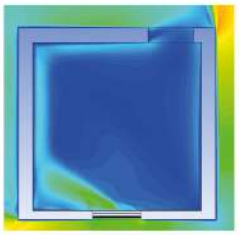
Vazão = 0,13 m³/s
Número de Renovações/hora = 19



Plano 1

Velocidade do ar: 0,11 m/s

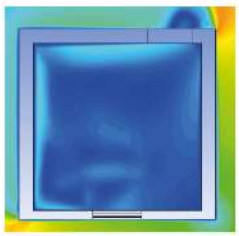
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,14 m/s

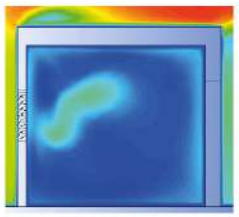
Desvio padrão 0,07



Plano 3

Velocidade do ar: 0,14 m/s

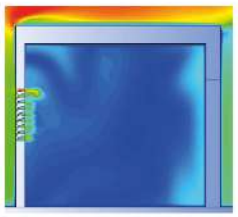
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

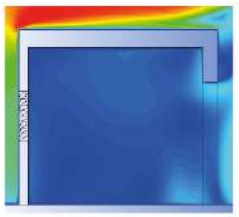
Desvio padrão 0,06



Plano 5

Velocidade do ar: 0,13 m/s

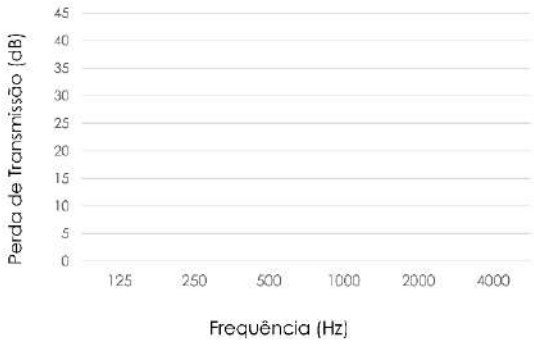
Desvio padrão 0,06

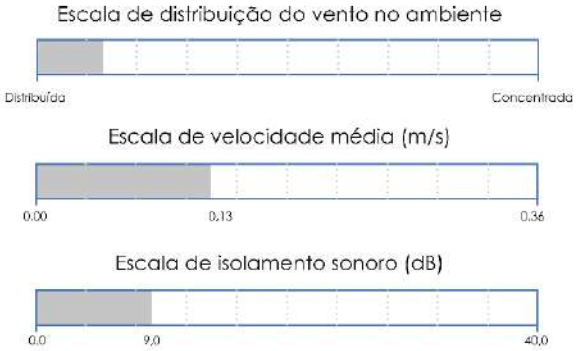


Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,04





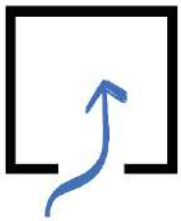
Considerações:

Assim como na incidência anterior, o componente faz com que o fluxo de vento entre no ambiente com bastante inclinação, encontrando a parede da esquerda e a contornando, juntamente com a posterior até a abertura de saída. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

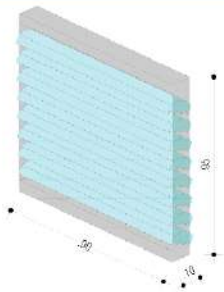
Dados do Componente:

7c

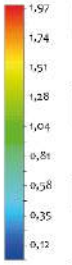
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação externa de 25°



Velocidade (m/s)



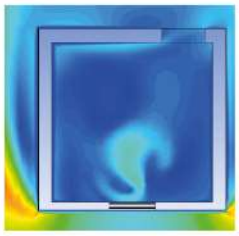
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,16	0,11	0,16	0,14	0,23	0,12	0,09	0,60	0,11
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,19	0,16	0,08	0,08	0,05	0,12	0,02	0,68	0,17
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,14	0,13	0,02	0,17	0,21	0,08	0,09	0,18	0,13

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 26

METODOLOGIA ASHRAE

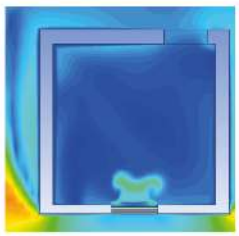
Vazão = 0,23 m³/s
Número de Renovações/hora = 34



Plano 1

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,16



Plano 2

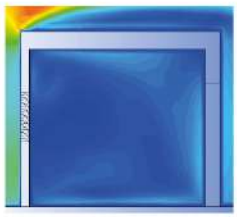
Velocidade do ar: 0,17 m/s

Desvio padrão 0,20

Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 4

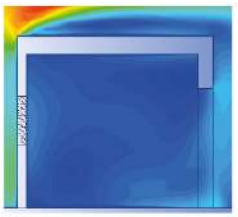
Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 5

Velocidade do ar: 0,26 m/s

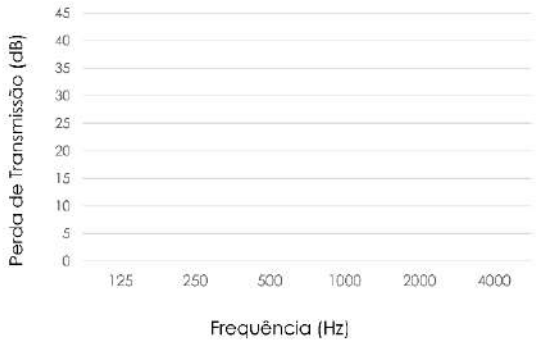
Desvio padrão 0,22

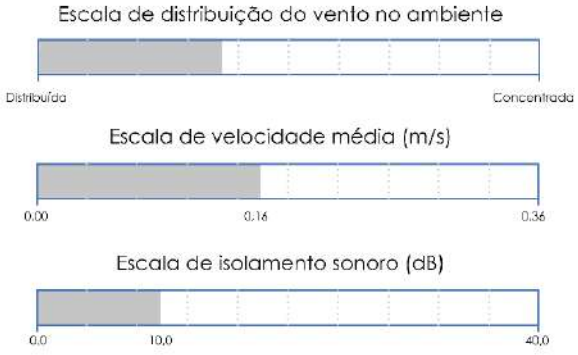


Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,05





Considerações:

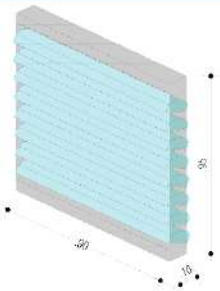
A inclinação inversa dos brises torna o fluxo ainda mais descendente do que na situação sem inclinação. Quanto a perda de transmissão, seu R_w aumenta para 10 dB. Vale ressaltar que esse é o valor de isolamento do componente e não deste em uma fachada. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

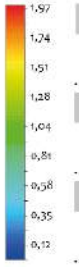
7c

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação externa de 25°



Velocidade (m/s)



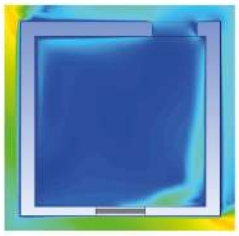
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,13	0,12	0,07	0,08	0,04	0,14	0,09	0,12	0,29
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,13	0,10	0,09	0,05	0,11	0,07	0,08	0,14	0,34
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,13	0,16	0,10	0,19	0,11	0,17	0,11	0,17	0,13

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,23 m³/s
Número de Renovações/hora = 34

METODOLOGIA ASHRAE

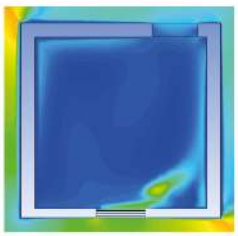
Vazão = 0,20 m³/s
Número de Renovações/hora = 29



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

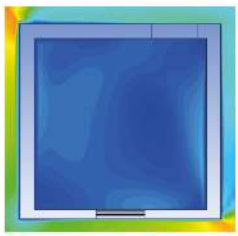
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,12 m/s

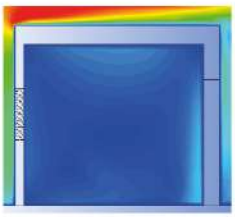
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,14 m/s

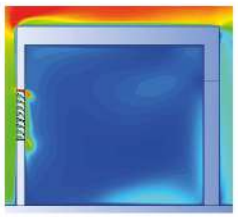
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

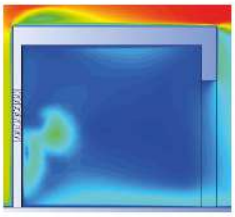
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

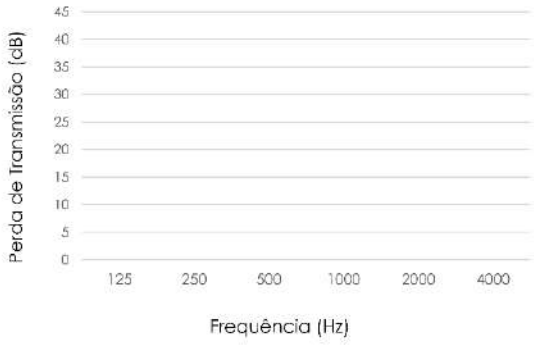
Desvio padrão 0,04

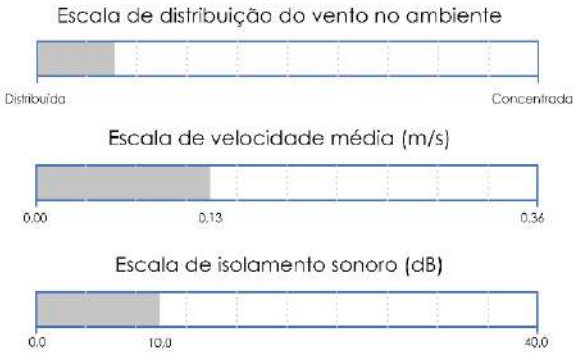


Plano 6

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,10





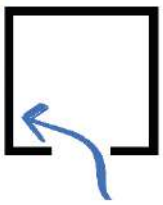
Considerações:

Aqui, além do componente forçar o fluxo para o piso, ainda faz com que ele vá para a parede da direita, contornando-a até sair pela abertura da porta. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

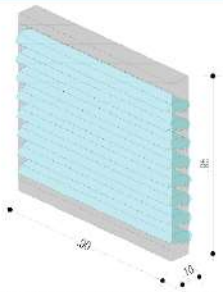
Dados do Componente:

7c

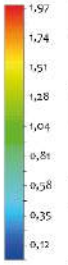
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação externa de 25°



Velocidade (m/s)



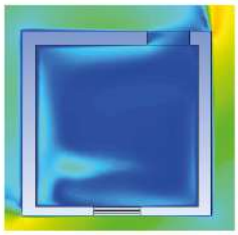
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,16	0,11	0,03	0,17	0,08	0,03	0,14	0,12	0,05
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,08	0,12	0,11	0,06	0,07	0,14	0,13	0,09	0,09
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,04	0,15	0,14	0,04	0,09	0,08	0,08	0,11	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,21 m³/s
Número de Renovações/hora = 31

METODOLOGIA ASHRAE

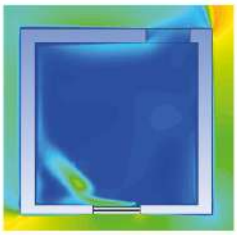
Vazão = 0,18 m³/s
Número de Renovações/hora = 27



Plano 1

Velocidade do ar: 0,10 m/s

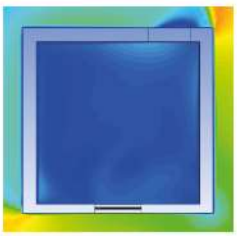
Desvio padrão 0,05



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

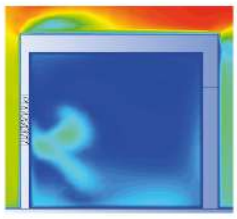
Desvio padrão 0,03



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

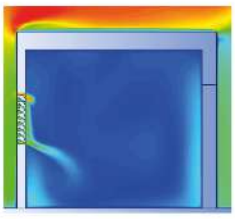
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,05



Plano 5

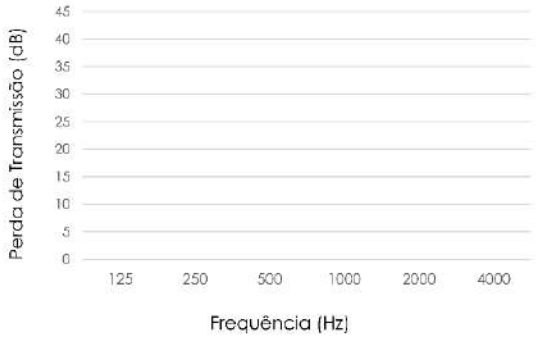
Velocidade do ar: 0,10 m/s

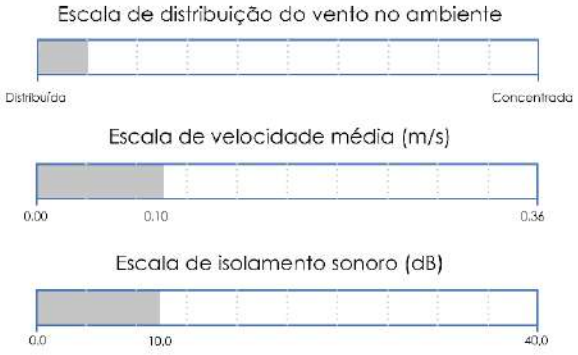
Desvio padrão 0,02

Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,04



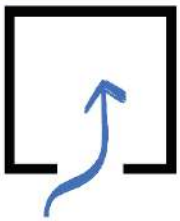


Considerações:

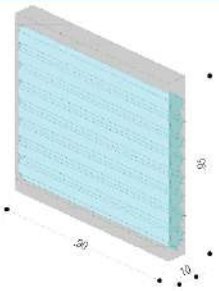
Da mesma forma que ocorre para a incidência 225°, o componente força o fluxo para o piso, e ainda faz com que ele vá para a parede da esquerda. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

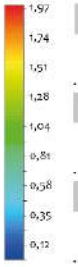
7d
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação interna de 40°



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,03	0,06	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,17	0,05	0,05	0,29	0,04	0,04	0,29	0,05
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,02	0,05	0,08	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,03 m³/s
Número de Renovações/hora = 4

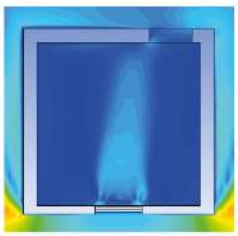
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,04 m³/s
Número de Renovações/hora = 6

Plano 1

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 3

Velocidade do ar: 0,05 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 4

Velocidade do ar: 0,04 m/s

Desvio padrão 0,01

Plano 5

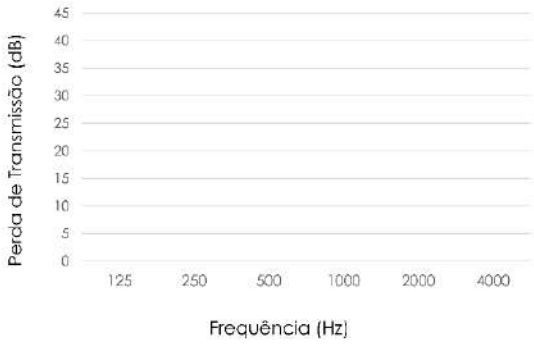
Velocidade do ar: 0,12 m/s

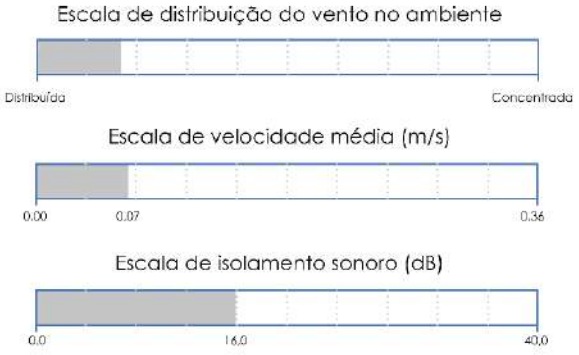
Desvio padrão 0,11

Plano 6

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,01





Considerações:

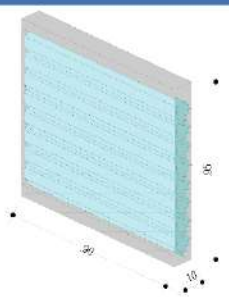
A inclinação da geometria a 40° reduz a velocidade do fluxo de vento que entra no ambiente, fazendo com que ele se concentre na parte central, sem favorecer os outros pontos. Quanto ao isolamento acústico, o R_w aumentou para 16 dB. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

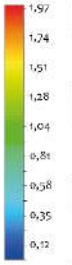
7d

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação interna de 40°



Velocidade (m/s)



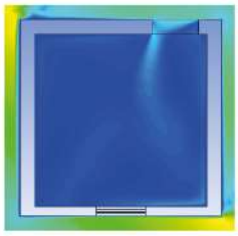
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,06	0,07	0,06	0,03	0,09	0,09	0,07	0,02	0,08
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,06	0,06	0,09	0,05	0,07	0,04	0,04	0,05	0,46
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,03	0,06	0,12	0,06	0,04	0,18	0,04	0,04	0,11

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

METODOLOGIA ASHRAE

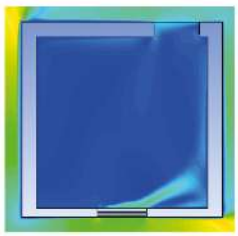
Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 10



Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

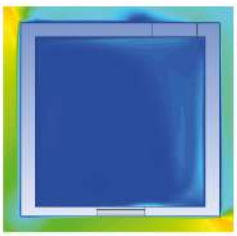
Desvio padrão 0,02



Plano 2

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,14



Plano 3

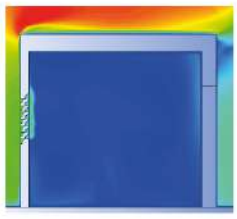
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 4

Velocidade do ar: 0,05 m/s

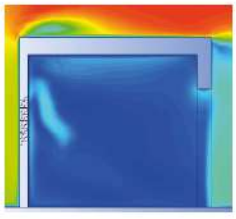
Desvio padrão 0,01



Plano 5

Velocidade do ar: 0,06 m/s

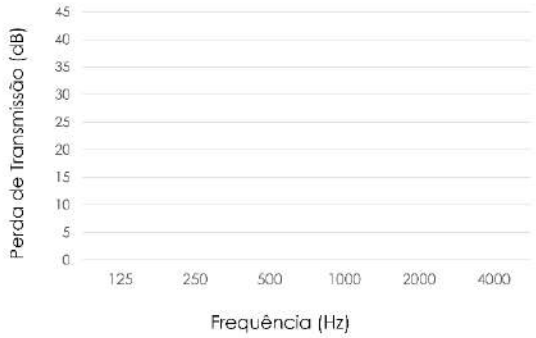
Desvio padrão 0,02

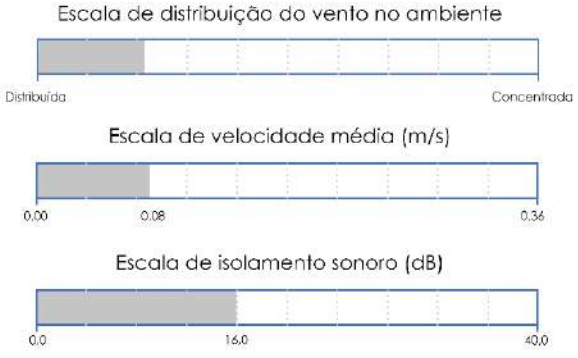


Plano 6

Velocidade do ar: 0,14 m/s

Desvio padrão 0,13



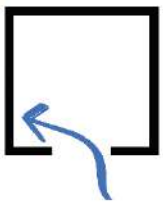


Considerações:

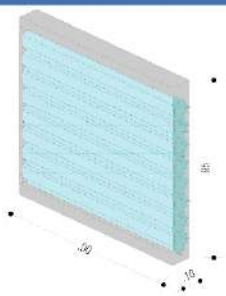
Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que a geometria dos brises faz com que o fluxo reduza a velocidade. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

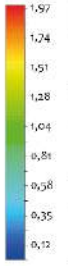
7d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 0,90 m
Espessura: 0,10 m
Altura: 0,95 m
Quantidade de aberturas: 8
Distância do piso: 1,00 m
Brises horizontais com inclinação interna de 40°



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,03	0,06	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06	0,05	0,07
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,06	0,14	0,13	0,04	0,04	0,08	0,38	0,04	0,07
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,10	0,10	0,06	0,07	0,06	0,04	0,10	0,08	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,08 m³/s
Número de Renovações/hora = 12

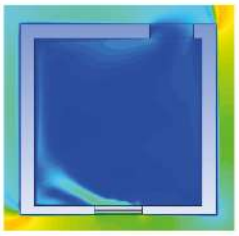
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,07 m³/s
Número de Renovações/hora = 11

Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

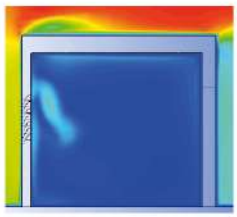
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 3

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 5

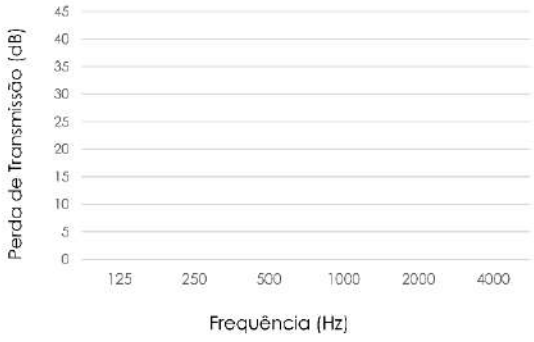
Velocidade do ar: 0,07 m/s

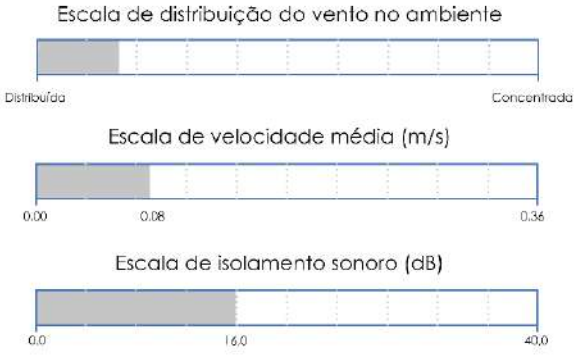
Desvio padrão 0,03

Plano 6

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,03



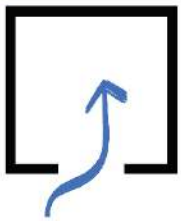


Considerações:

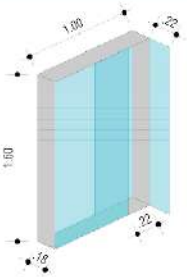
Da mesma forma que ocorre para a incidência 180°, nota-se que a geometria dos brises faz com que o fluxo reduza a velocidade. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

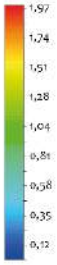
8a
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,18 m
Altura: 0,60 m
Aberturas: 0,22 x 0,60 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,55 m
Abertura lateral em janela convencional



Velocidade (m/s)



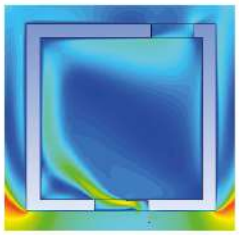
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,31	0,42	0,40	0,27	0,06	0,15	0,36	0,21	0,10
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,28	0,24	0,14	0,31	0,04	0,23	0,23	0,18	0,10
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,21	0,31	0,22	0,27	0,02	0,21	0,32	0,23	0,20

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,58 m³/s
Número de Renovações/hora = 86

METODOLOGIA ASHRAE

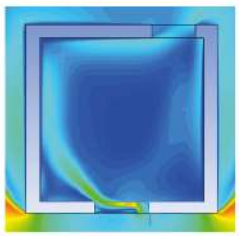
Vazão = 0,77 m³/s
Número de Renovações/hora = 115



Plano 1

Velocidade do ar: 0,25 m/s

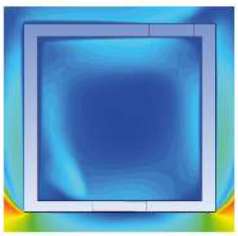
Desvio padrão 0,13



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

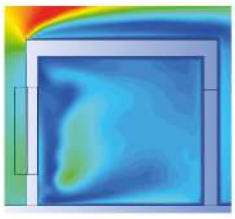
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,22 m/s

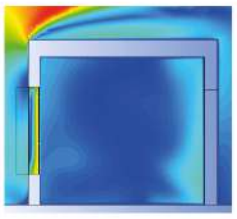
Desvio padrão 0,09



Plano 4

Velocidade do ar: 0,28 m/s

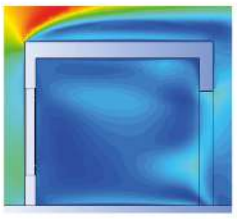
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,19 m/s

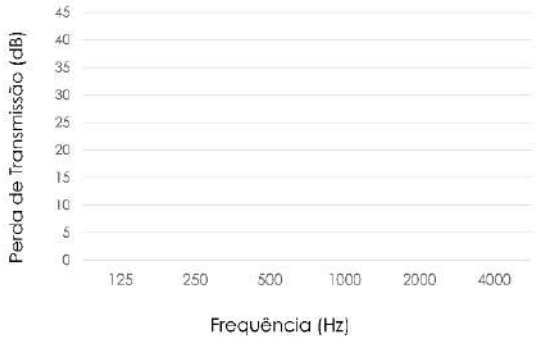
Desvio padrão 0,13

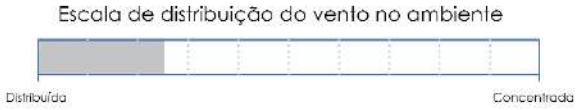


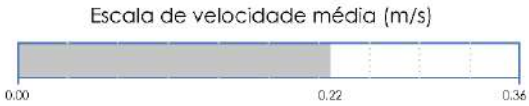
Plano 6

Velocidade do ar: 0,19 m/s

Desvio padrão 0,09







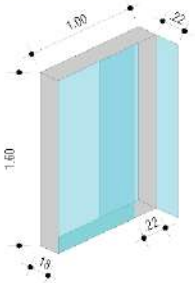
Considerações:

É possível notar que a inciência perpendicular à fachada é bastante favorável para este componente, sendo as proximidades das parede da esquerda e posterior onde apareecem os valores de velocidade mais altos. Quanto ao isolamento, o R_w ficou em 13 dB. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

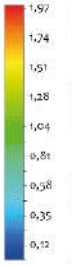
Dados do Componente:

8a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,18 m
Altura: 0,60 m
Aberturas: 0,22 X 0,60 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,55 m
Abertura lateral em janela convencional



Velocidade (m/s)



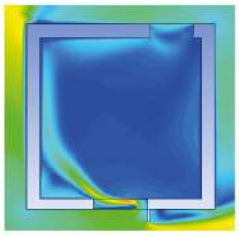
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,18	0,15	0,15	0,13	0,09	0,16	0,23	0,14	0,11
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,22	0,25	0,21	0,10	0,13	0,19	0,62	0,10	0,12
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,17	0,28	0,18	0,05	0,09	0,19	0,13	0,16	0,16

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,46 m³/s
Número de Renovações/hora = 68

METODOLOGIA ASHRAE

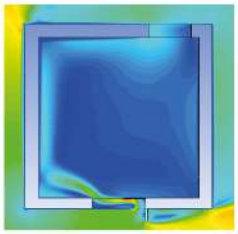
Vazão = 0,41 m³/s
Número de Renovações/hora = 60



Plano 1

Velocidade do ar: 0,15 m/s

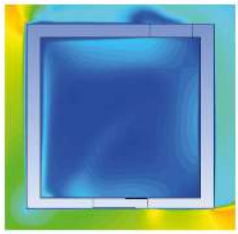
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,22 m/s

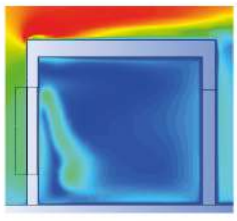
Desvio padrão 0,16



Plano 3

Velocidade do ar: 0,16 m/s

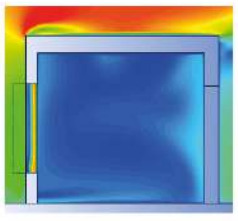
Desvio padrão 0,06



Plano 4

Velocidade do ar: 0,20 m/s

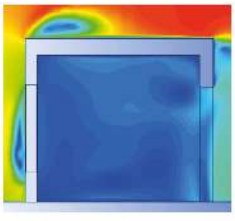
Desvio padrão 0,17



Plano 5

Velocidade do ar: 0,15 m/s

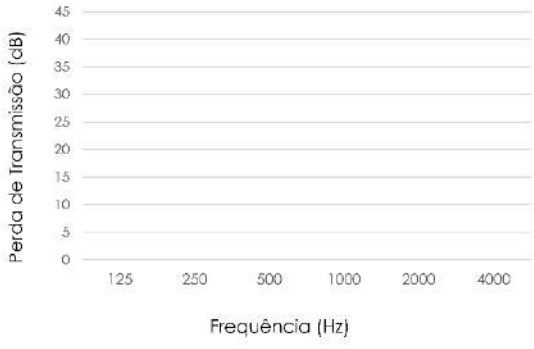
Desvio padrão 0,07

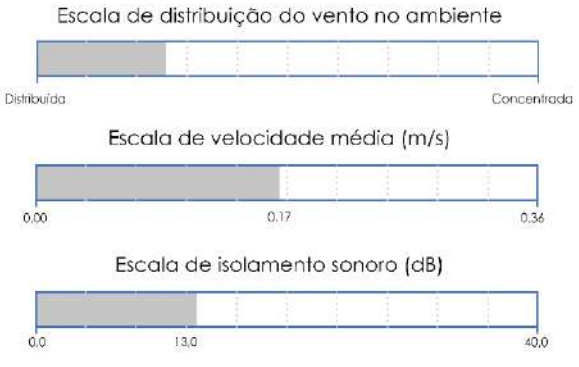


Plano 6

Velocidade do ar: 0,16 m/s

Desvio padrão 0,03



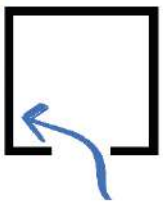


Considerações:

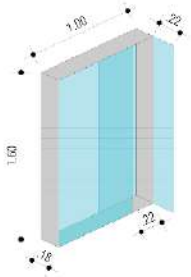
Aqui, a estrutura do componente que se projeta para fora da fachada funciona como um painel vertical que proporciona uma maior captação de vento para o interior, apesar da disposição das aberturas não ser favorável para esta incidência. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

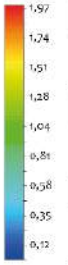
8a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 1,00 m
Espessura: 0,18 m
Altura: 0,60 m
Aberturas: 0,22 X 0,60 m
Quantidade de aberturas: 1
Distância do piso: 0,55 m
Abertura lateral em janela convencional



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,13	0,07	0,12	0,01	0,09	0,07	0,08	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,10	0,10	0,04	0,08	0,01	0,09	0,18	0,07	0,06
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,10	0,15	0,12	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,23 m³/s
Número de Renovações/hora = 34

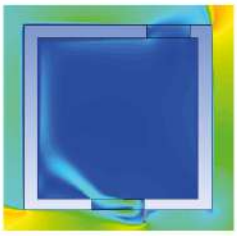
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,20 m³/s
Número de Renovações/hora = 30

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

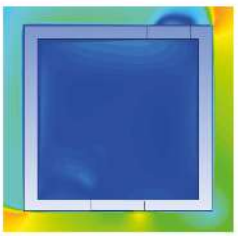
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,08 m/s

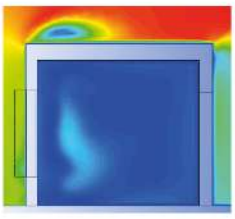
Desvio padrão 0,05



Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

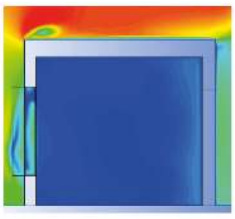
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,10 m/s

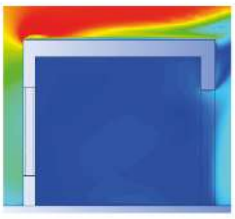
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,08 m/s

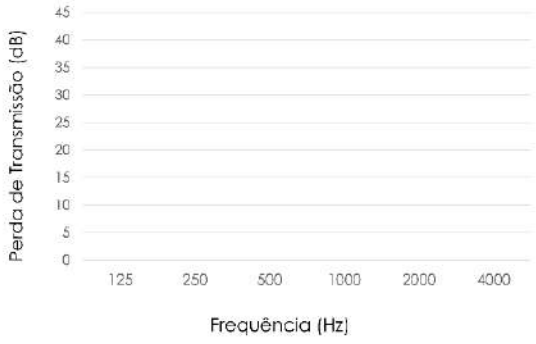
Desvio padrão 0,05

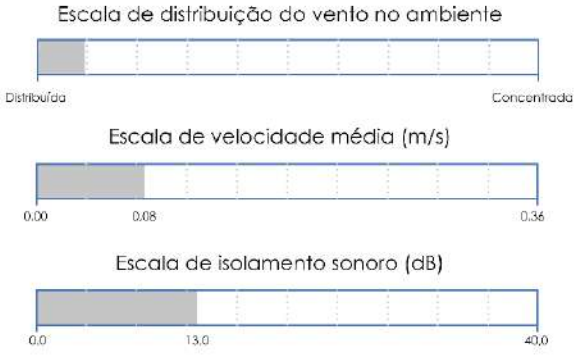


Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



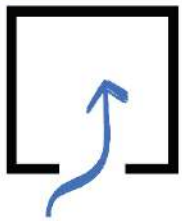


Considerações:

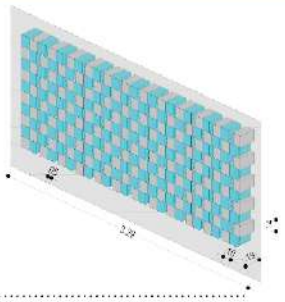
Ao contrário do que ocorre na incidência 225°, nesta incidência é possível perceber que a estrutura do componente que se abre para fora funciona como uma barreira para o vento, impossibilitando o fluxo de entrar, mesmo que a disposição das aberturas seja favorável a esta incidência. Não foram fornecidos valores por banda de frequência.

Dados do Componente:

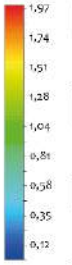
9a
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,19 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,14 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 115
Distância do piso: 0,70 m
Elementos pequenos com cavidade, dispostos com espaçamento entre eles para a passagem do vento



Velocidade (m/s)



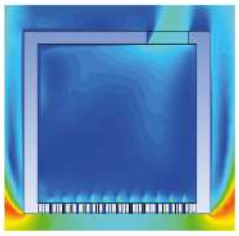
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,12	0,24	0,26	0,11	0,09	0,11	0,14	0,11	0,04
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,19	0,25	0,38	0,42	0,50	0,41	0,39	0,37	0,36
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,11	0,17	0,21	0,24	0,09	0,06	0,22	0,12	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,40 m³/s
Número de Renovações/hora = 60

METODOLOGIA ASHRAE

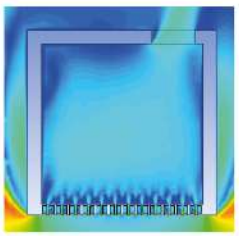
Vazão = 0,52 m³/s
Número de Renovações/hora = 77



Plano 1

Velocidade do ar: 0,14 m/s

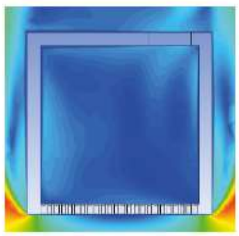
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,36 m/s

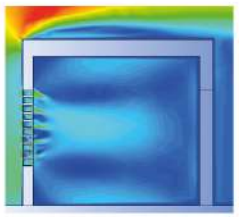
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,14 m/s

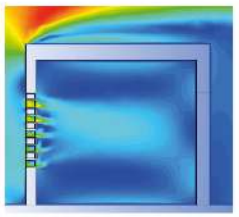
Desvio padrão 0,07



Plano 4

Velocidade do ar: 0,22 m/s

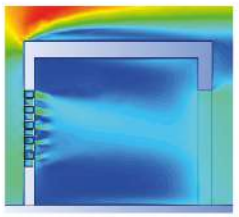
Desvio padrão 0,12



Plano 5

Velocidade do ar: 0,22 m/s

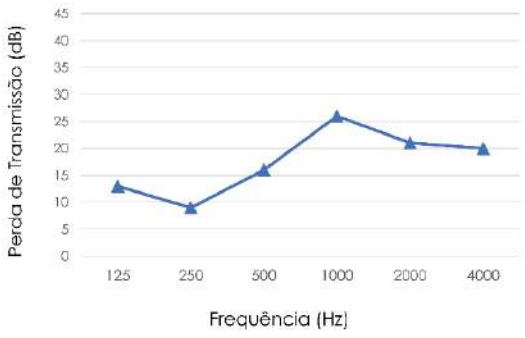
Desvio padrão 0,14

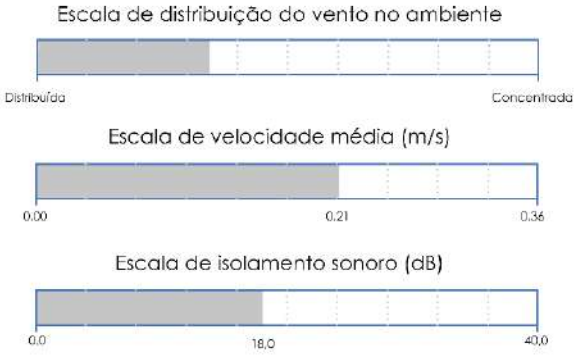


Plano 6

Velocidade do ar: 0,21 m/s

Desvio padrão 0,15





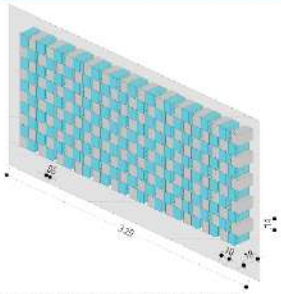
Considerações:

A grande quantidade de pequenas aberturas em toda a fachada, proporcionou boa ventilação em todos os planos avaliados, principalmente no Plano 2, onde essa ventilação é bem distribuída. Do ponto de vista de controle de ruído, o componente apresentou bons resultados também, com $D_{2m,nT}$ de 26 dB em 1000 Hz e R_w de 18 dB.

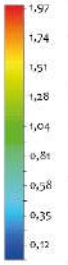
Dados do Componente:

9a
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,19 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,14 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 115
Distância do piso: 0,70 m
Elementos pequenos com cavidade, dispostos com espaçamento entre eles para a passagem do vento



Velocidade (m/s)



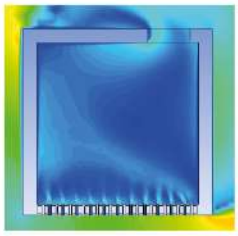
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,19	0,27	0,11	0,25	0,07	0,09	0,14	0,12	0,22
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,17	0,24	0,11	0,30	0,11	0,13	0,31	0,29	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,16	0,24	0,23	0,13	0,20	0,09	0,13	0,08	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,43 m³/s
Número de Renovações/hora = 64

METODOLOGIA ASHRAE

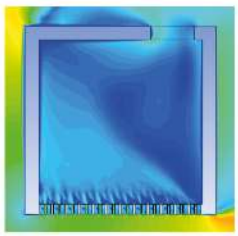
Vazão = 0,37 m³/s
Número de Renovações/hora = 55



Plano 1

Velocidade do ar: 0,16 m/s

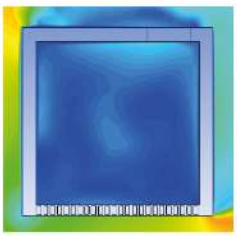
Desvio padrão 0,07



Plano 2

Velocidade do ar: 0,19 m/s

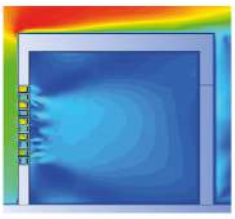
Desvio padrão 0,09



Plano 3

Velocidade do ar: 0,15 m/s

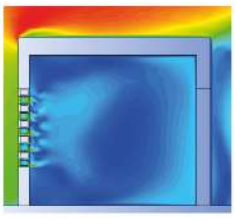
Desvio padrão 0,07



Plano 4

Velocidade do ar: 0,20 m/s

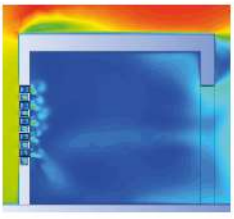
Desvio padrão 0,07



Plano 5

Velocidade do ar: 0,18 m/s

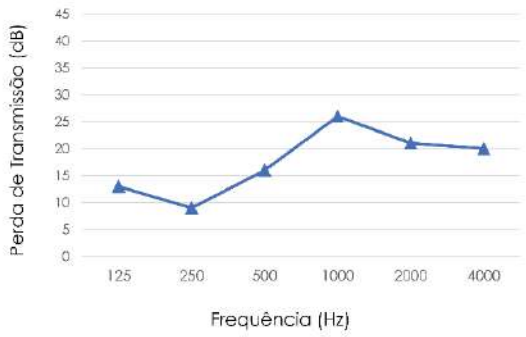
Desvio padrão 0,09

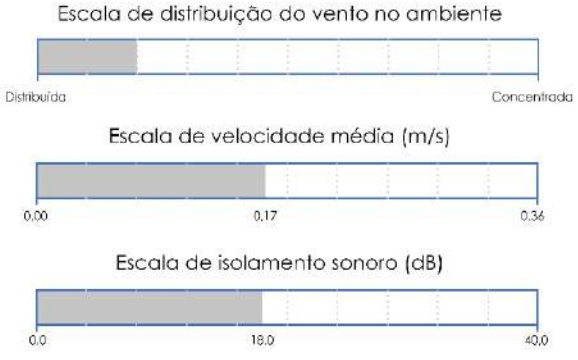


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,06



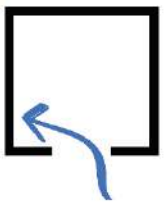


Considerações:

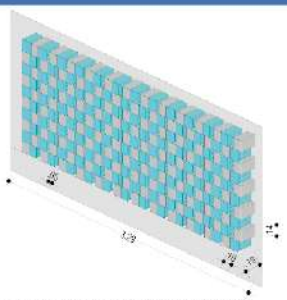
Com a existência das cavidades no interior dos elementos, o fluxo de vento muda de direção, indo para a parede da esquerda, contrário à incidência de 225°. Porém, devido ao posicionamento da porta, ainda é possível observar boa distribuição.

Dados do Componente:

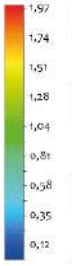
9a
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,19 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,14 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 115
Distância do piso: 0,70 m
Elementos pequenos com cavidade, dispostos com espaçamento entre eles para a passagem do vento



Velocidade (m/s)



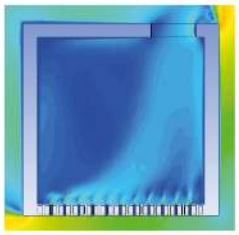
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,11	0,10	0,30	0,16	0,11	0,28	0,13	0,36	0,20
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,11	0,08	0,40	0,17	0,11	0,37	0,04	0,34	0,33
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,16	0,17	0,23	0,06	0,06	0,22	0,06	0,10	0,15

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,48 m³/s
Número de Renovações/hora = 72

METODOLOGIA ASHRAE

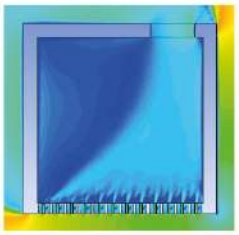
Vazão = 0,41 m³/s
Número de Renovações/hora = 61



Plano 1

Velocidade do ar: 0,19 m/s

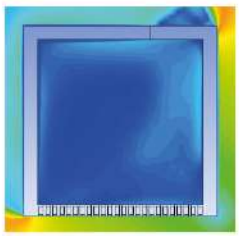
Desvio padrão 0,10



Plano 2

Velocidade do ar: 0,22 m/s

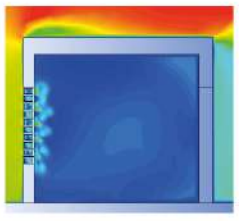
Desvio padrão 0,14



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

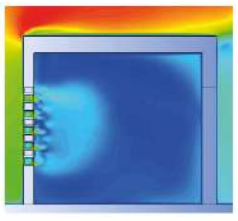
Desvio padrão 0,07



Plano 4

Velocidade do ar: 0,11 m/s

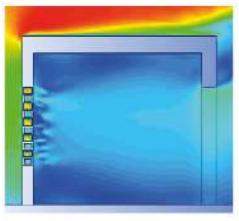
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,16 m/s

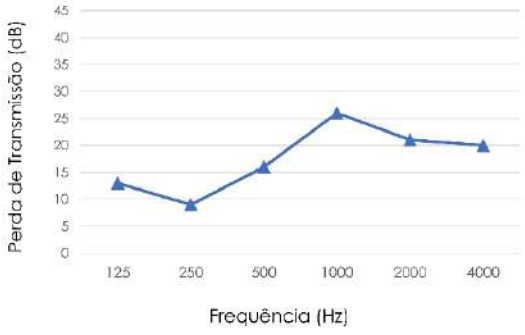
Desvio padrão 0,11

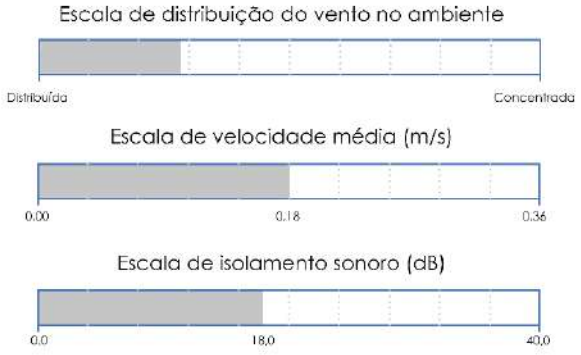


Plano 6

Velocidade do ar: 0,28 m/s

Desvio padrão 0,08



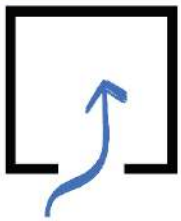


Considerações:

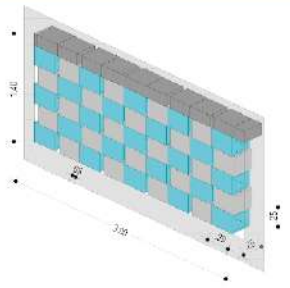
Assim como ocorre na incidência 225°, o fluxo de vento muda de direção, desta vez indo para a parede da direita. Com a posição da porta à direita, o fluxo de vento é direcionado para a saída, fazendo com que não seja tão bem distribuído entre os planos como nas incidências anteriores.

Dados do Componente:

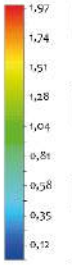
9b
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,25 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,25 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 24
Distância do piso: 0,70 m
Elementos grandes com cavidade, dispostos com espaçamento entre eles para a passagem do vento



Velocidade (m/s)



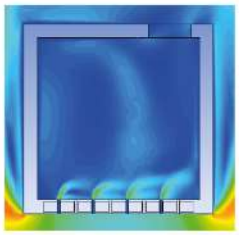
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,13	0,22	0,09	0,17	0,15	0,07	0,13	0,23	0,42
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,25	0,17	0,15	0,24	0,09	0,13	0,18	0,25
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,12	0,16	0,14	0,08	0,20	0,04	0,13	0,22	0,06

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,24 m³/s
Número de Renovações/hora = 36

METODOLOGIA ASHRAE

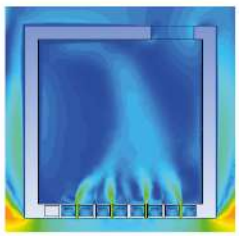
Vazão = 0,32 m³/s
Número de Renovações/hora = 47



Plano 1

Velocidade do ar: 0,18 m/s

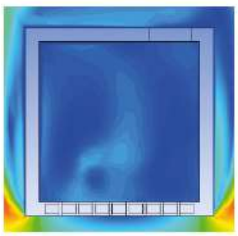
Desvio padrão 0,10



Plano 2

Velocidade do ar: 0,18 m/s

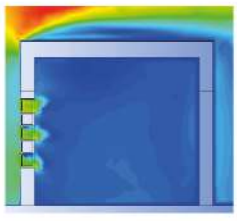
Desvio padrão 0,06



Plano 3

Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,06



Plano 4

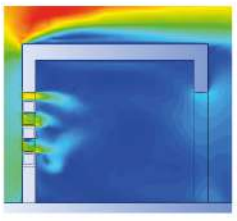
Velocidade do ar: 0,13 m/s

Desvio padrão 0,02

Plano 5

Velocidade do ar: 0,21 m/s

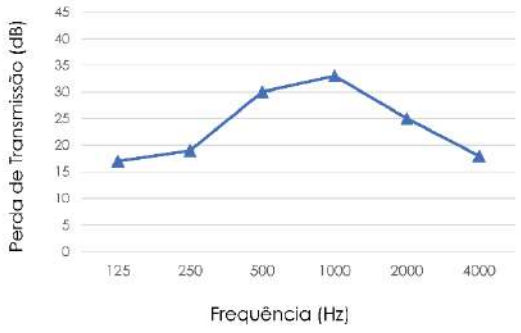
Desvio padrão 0,04

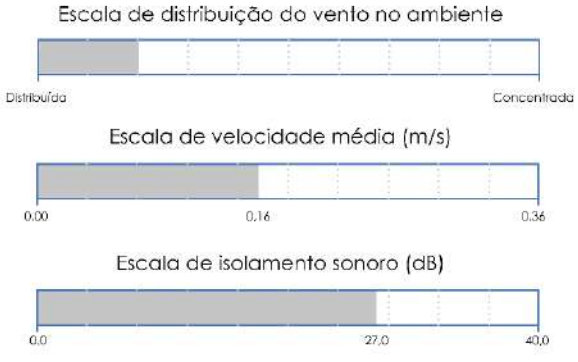


Plano 6

Velocidade do ar: 0,15 m/s

Desvio padrão 0,12





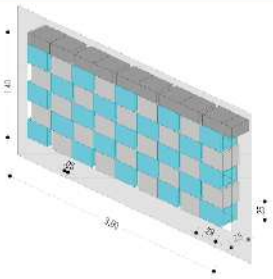
Considerações:

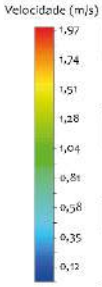
Com a redução da quantidade de aberturas, houve uma piora na distribuição e velocidade dos fluxos de vento. Porém, do ponto de vista de controle de ruído, o componente apresentou maior eficácia, com $D_{2m,nT}$ de 33 dB em 1000 Hz e R_w de 27dB.

Dados do Componente:

9b
225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,25 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,25 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 24
Distância do piso: 0,70 m
Elementos grandes com cavidade, dispostos com espaçamento entre eles para a passagem do vento





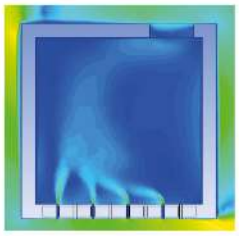
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,18	0,14	0,13	0,11	0,13	0,42	0,26	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,09	0,17	0,12	0,20	0,05	0,15	0,18	0,13	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,05	0,16	0,14	0,10	0,11	0,10	0,13	0,08	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,16 m³/s
Número de Renovações/hora = 24

METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21



Plano 1

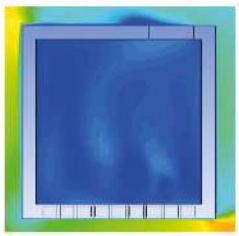
Velocidade do ar: 0,17 m/s

Desvio padrão 0,11

Plano 2

Velocidade do ar: 0,13 m/s

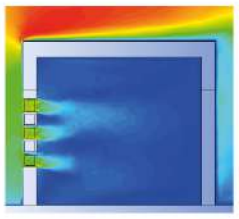
Desvio padrão 0,05



Plano 3

Velocidade do ar: 0,10 m/s

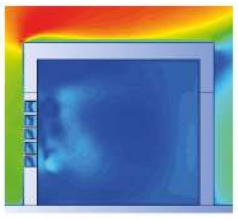
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,15 m/s

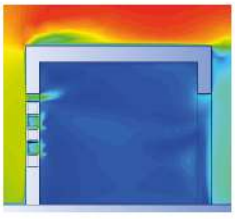
Desvio padrão 0,11



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

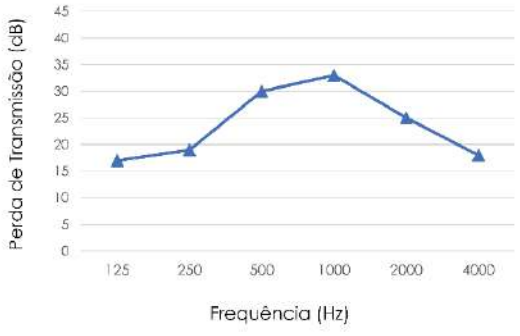
Desvio padrão 0,06

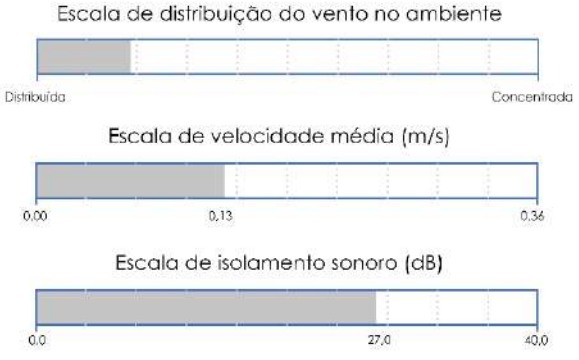


Plano 6

Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,03



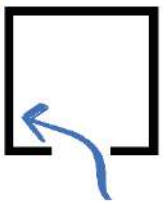


Considerações:

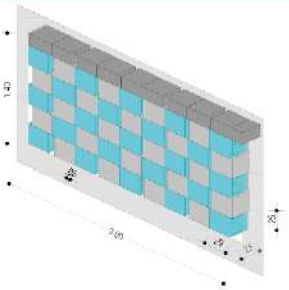
Com a redução da quantidade de aberturas e aumento da espessura dos elementos e profundidade da cavidade, é visível que o fluxo desacelera dentro do componente, havendo também mudança de direção.

Dados do Componente:

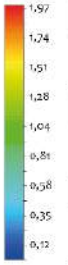
9b
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,25 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,25 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 24
Distância do piso: 0,70 m
Elementos grandes com cavidade, dispostos com espaçamento entre eles para a passagem do vento



Velocidade (m/s)



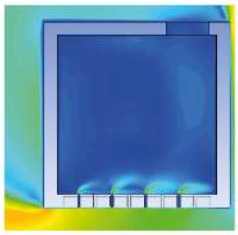
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,07	0,09	0,14	0,12	0,09	0,19	0,08	0,19	0,13
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,07	0,05	0,17	0,12	0,10	0,13	0,10	0,20	0,43
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,07	0,10	0,15	0,04	0,07	0,17	0,10	0,15	0,10

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 25

METODOLOGIA ASHRAE

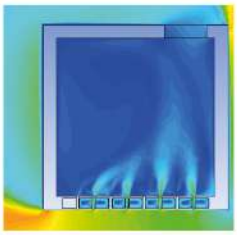
Vazão = 0,14 m³/s
Número de Renovações/hora = 21



Plano 1

Velocidade do ar: 0,12 m/s

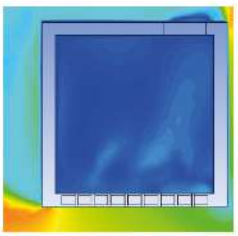
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15 m/s

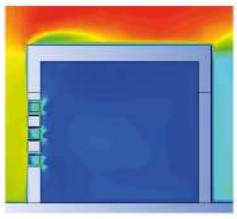
Desvio padrão 0,11



Plano 3

Velocidade do ar: 0,11 m/s

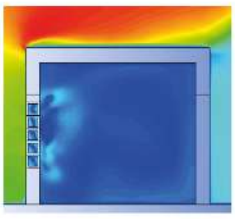
Desvio padrão 0,04



Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

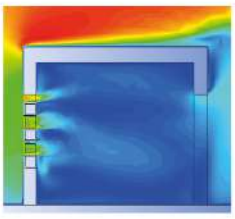
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,12 m/s

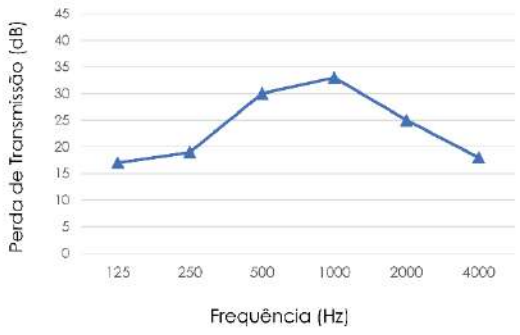
Desvio padrão 0,05

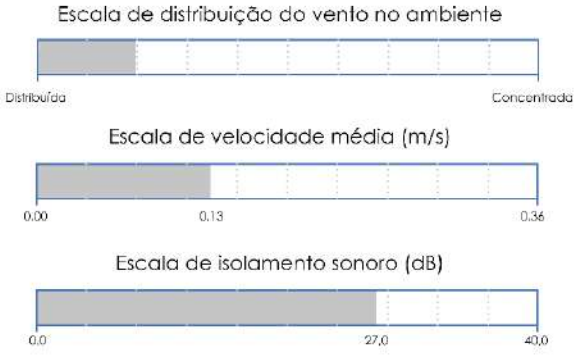


Plano 6

Velocidade do ar: 0,18 m/s

Desvio padrão 0,10





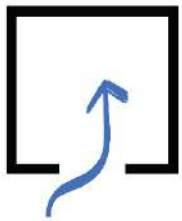
Considerações:

Assim como ocorre na incidência 225°, houve desaceleração do fluxo de vento dentro das cavidades do componente.

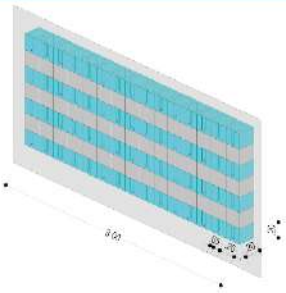
Dados do Componente:

9c

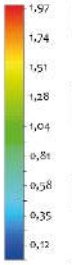
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,20 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,14 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 45
Distância do piso: 0,70 m
Elementos vazados pequenos, com passagem de vento pelo interior deles.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,07	0,05	0,10	0,05	0,07	0,16	0,13	0,07
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,12	0,13	0,10	0,12	0,06	0,07	0,16	0,29	0,26
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,12	0,17	0,17	0,06	0,28	0,09	0,10	0,08	0,21

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,21 m³/s

Número de Renovações/hora = 31

METODOLOGIA ASHRAE

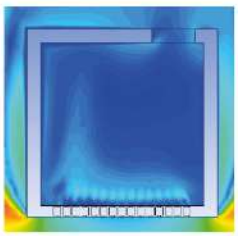
Vazão = 0,27 m³/s

Número de Renovações/hora = 40

Plano 1

Velocidade do ar: 0,09m/s

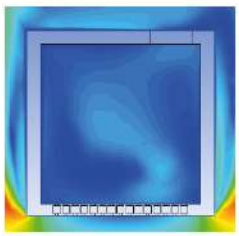
Desvio padrão 0,04



Plano 2

Velocidade do ar: 0,15 m/s

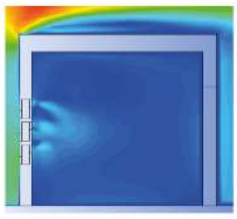
Desvio padrão 0,08



Plano 3

Velocidade do ar: 0,14 m/s

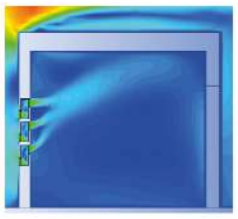
Desvio padrão 0,07



Plano 4

Velocidade do ar: 0,12 m/s

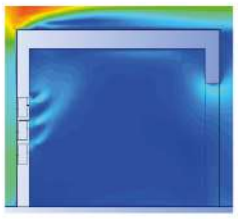
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,14 m/s

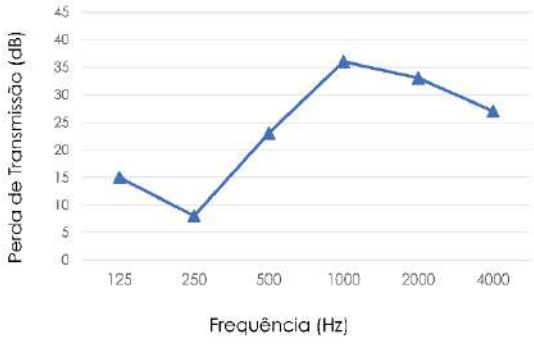
Desvio padrão 0,09

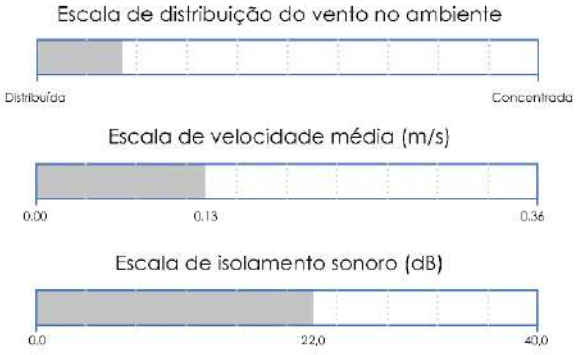


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,07





Considerações:

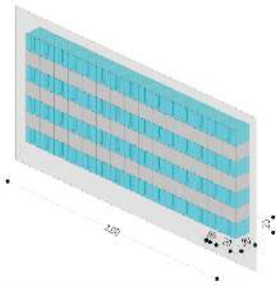
A disposição dos blocos deste componente torna o caminho do vento ascendente. Ao entrar no ambiente, o fluxo continua nesta direção, concentrando-se na parte mais alta no ambiente. Do ponto de vista de controle de ruído, o componente apresentou ainda mais eficácia, com $D_{2m,nT}$ de 36 dB em 1000 Hz e R_w de 22 dB.

Dados do Componente:

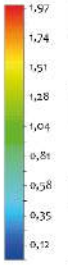
9c

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,20 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,14 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 45
Distância do piso: 0,70 m
Elementos vazados pequenos, com passagem de vento pelo interior deles.



Velocidade (m/s)



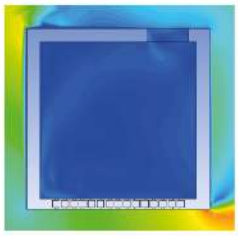
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,05	0,13	0,13	0,12	0,02	0,11	0,05	0,06	0,09
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,04	0,13	0,06	0,13	0,08	0,08	0,19	0,21	0,11
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,03	0,07	0,09	0,04	0,14	0,05	0,07	0,04	0,09

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,12 m³/s
Número de Renovações/hora = 19

METODOLOGIA ASHRAE

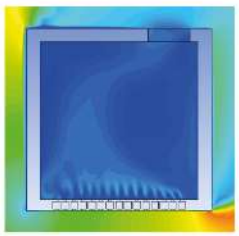
Vazão = 0,11 m³/s
Número de Renovações/hora = 16



Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04



Plano 2

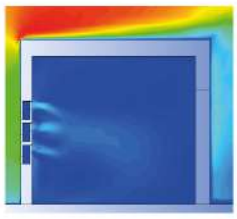
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,06

Plano 3

Velocidade do ar: 0,07 m/s

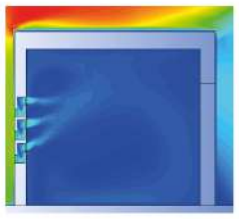
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

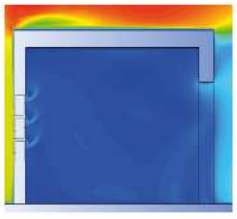
Desvio padrão 0,05



Plano 5

Velocidade do ar: 0,10 m/s

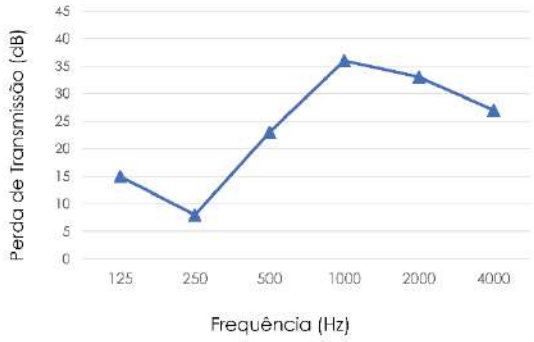
Desvio padrão 0,06

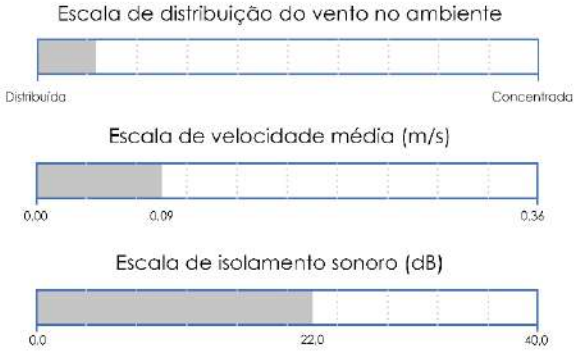


Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03





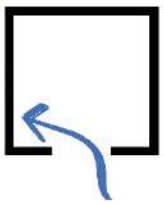
Considerações:

Aqui, o fluxo segue ascendente devido à disposição das aberturas. Porém, por causa da incidência oblíqua, o vento encontra maior dificuldade em passar pelo componente e entrar no ambiente, havendo clara redução de velocidade.

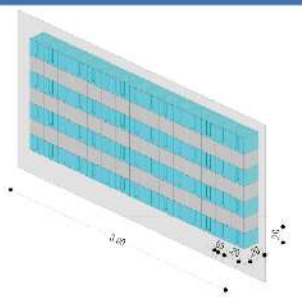
Dados do Componente:

9c

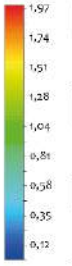
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,20 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,14 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 45
Distância do piso: 0,70 m
Elementos vazados pequenos, com passagem de vento pelo interior deles.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,08	0,05	0,12	0,05	0,03	0,08	0,03	0,07	0,05
PC10	**PC11**	**PC12**	**PC13**	**PC14**	**PC15**	**PC16**	**PC17**	**PC18**
0,08	0,07	0,08	0,04	0,06	0,07	0,08	0,21	0,34
PC19	**PC20**	**PC21**	**PC22**	**PC23**	**PC24**	**PC25**	**PC26**	**PC27**
0,07	0,07	0,15	0,03	0,12	0,16	0,04	0,08	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,12 m³/s

Número de Renovações/hora = 18

METODOLOGIA ASHRAE

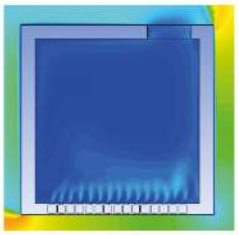
Vazão = 0,10 m³/s

Número de Renovações/hora = 15

Plano 1

Velocidade do ar: 0,06 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 2

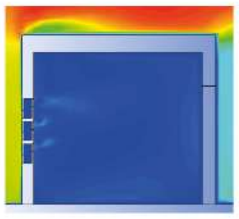
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,10

Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

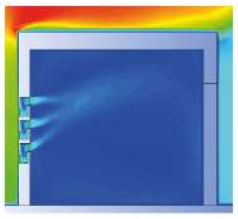
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,06 m/s

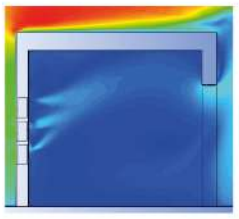
Desvio padrão 0,02



Plano 5

Velocidade do ar: 0,08 m/s

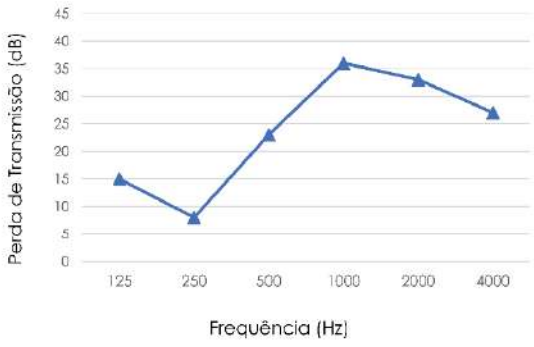
Desvio padrão 0,05

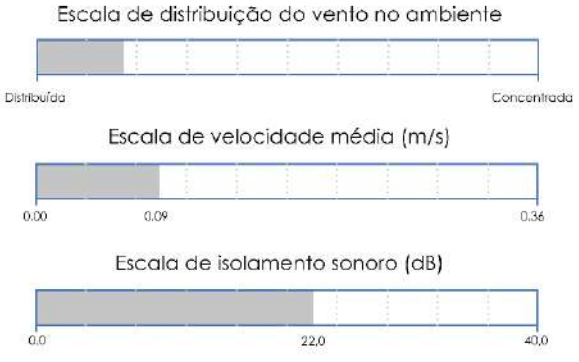


Plano 6

Velocidade do ar: 0,12 m/s

Desvio padrão 0,09



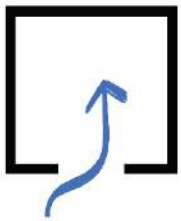


Considerações:

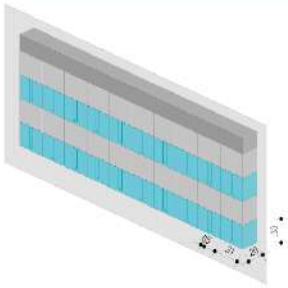
Assim como ocorre na incidência anterior, o fluxo entra no ambiente se direcionando para o teto e também devido à incidência oblíqua, o vento encontra maior dificuldade em passar pelo componente e entrar no ambiente, havendo redução de velocidade.

Dados do Componente:

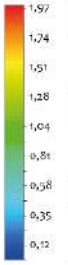
9d
180°



Incidência de vento perpendicular à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,20 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,27 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 20
Distância do piso: 0,70 m
Elementos vazados grandes, com passagem de vento pelo interior deles.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,04	0,08	0,07	0,09	0,05	0,06	0,06	0,10	0,07
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,06	0,10	0,13	0,19	0,19	0,13	0,06	0,06	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,10	0,15	0,07	0,06	0,14	0,08	0,05	0,07

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,17 m³/s
Número de Renovações/hora = 25

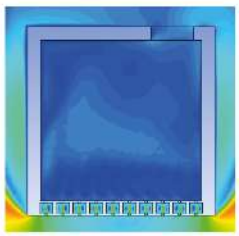
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,21 m³/s
Número de Renovações/hora = 32

Plano 1

Velocidade do ar: 0,07m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

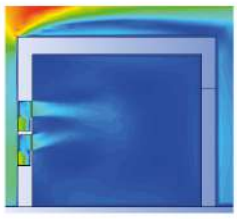
Velocidade do ar: 0,11 m/s

Desvio padrão 0,05

Plano 3

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,03



Plano 4

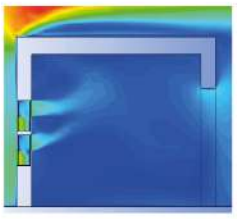
Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 5

Velocidade do ar: 0,09 m/s

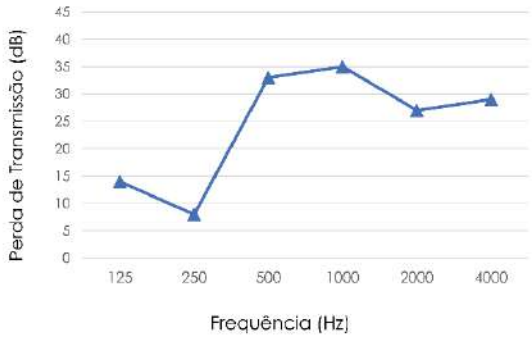
Desvio padrão 0,04

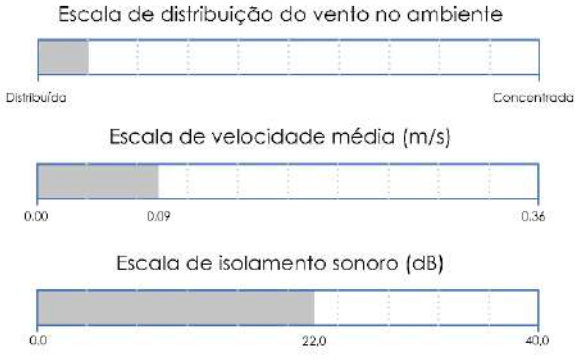


Plano 6

Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04





Considerações:

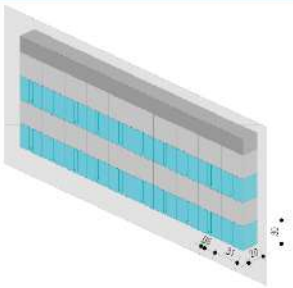
Com o aumento das aberturas, a tendência de um fluxo de vento ascendente diminui um pouco, proporcionando maior distribuição no Plano 2. Do ponto de vista de controle de ruído, o componente manteve o desempenho médio, com $D_{2m,nT}$ de 35 dB em 1000 Hz e R_w de 22 dB.

Dados do Componente:

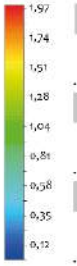
9d

225°

Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,20 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,27 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 20
Distância do piso: 0,70 m
Elementos vazados grandes, com passagem de vento pelo interior deles.



Velocidade (m/s)



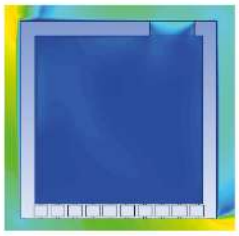
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,11	0,09	0,07	0,08	0,05	0,06	0,05	0,08	0,05
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,10	0,12	0,07	0,19	0,11	0,05	0,07	0,09	0,07
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,06	0,06	0,02	0,12

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 1.5

METODOLOGIA ASHRAE

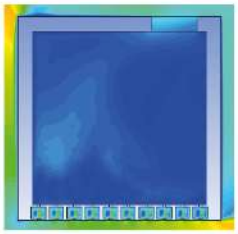
Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 13



Plano 1

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

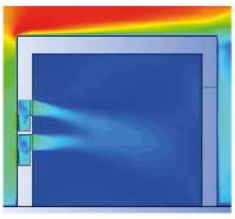
Velocidade do ar: 0,10 m/s

Desvio padrão 0,04

Plano 3

Velocidade do ar: 0,07 m/s

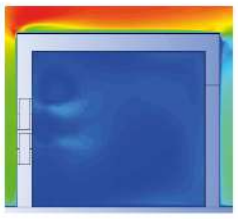
Desvio padrão 0,03



Plano 4

Velocidade do ar: 0,09 m/s

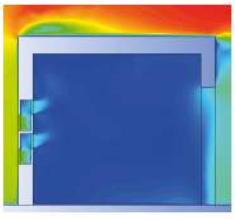
Desvio padrão 0,04



Plano 5

Velocidade do ar: 0,08 m/s

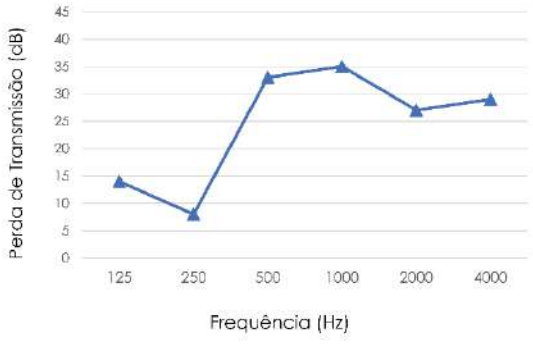
Desvio padrão 0,03

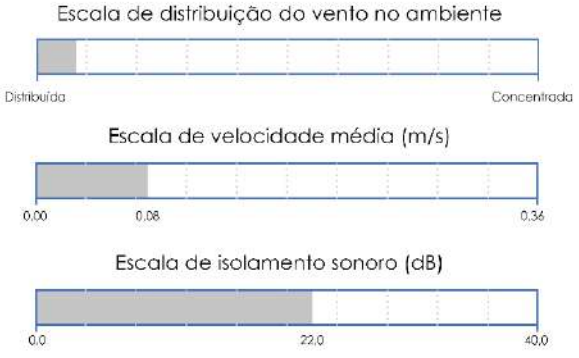


Plano 6

Velocidade do ar: 0,07 m/s

Desvio padrão 0,02



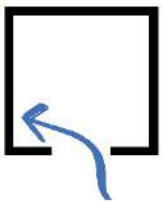


Considerações:

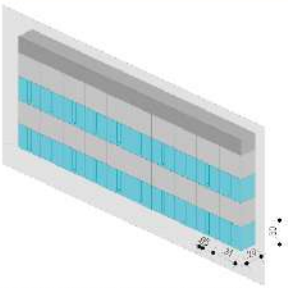
Assim como ocorre com os blocos menores, do componente 9c, devido à incidência oblíqua, o vento encontra maior dificuldade em passar pelo componente e entrar no ambiente, havendo redução de velocidade.

Dados do Componente:

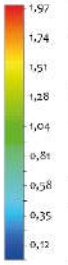
9d
135°



Incidência de vento oblíqua à fachada
Comprimento: 3,00 m
Espessura: 0,20 m
Altura: 1,40 m
Aberturas: 0,27 x 0,05 m
Quantidade de aberturas: 20
Distância do piso: 0,70 m
Elementos vazados grandes, com passagem de vento pelo interior deles.



Velocidade (m/s)



PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
0,10	0,06	0,08	0,11	0,04	0,06	0,85	0,10	0,06
PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
0,12	0,07	0,18	0,04	0,04	0,23	0,09	0,02	0,04
PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24	PC25	PC26	PC27
0,09	0,12	0,02	0,09	0,18	0,12	0,04	0,03	0,05

METODOLOGIA BRITÂNICA

Vazão = 0,10 m³/s
Número de Renovações/hora = 15

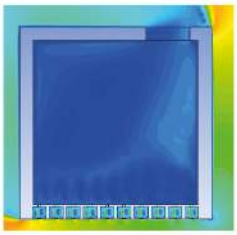
METODOLOGIA ASHRAE

Vazão = 0,09 m³/s
Número de Renovações/hora = 13

Plano 1

Velocidade do ar: 0,08 m/s

Desvio padrão 0,02



Plano 2

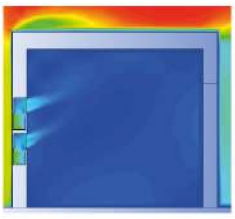
Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,07

Plano 3

Velocidade do ar: 0,08 m/s

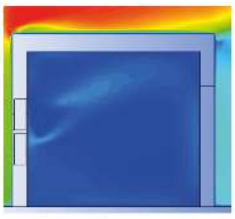
Desvio padrão 0,05



Plano 4

Velocidade do ar: 0,08 m/s

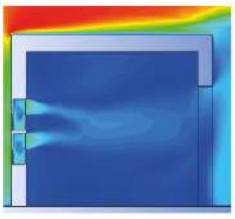
Desvio padrão 0,03



Plano 5

Velocidade do ar: 0,07 m/s

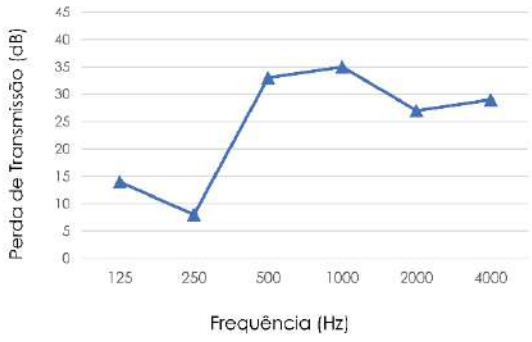
Desvio padrão 0,05

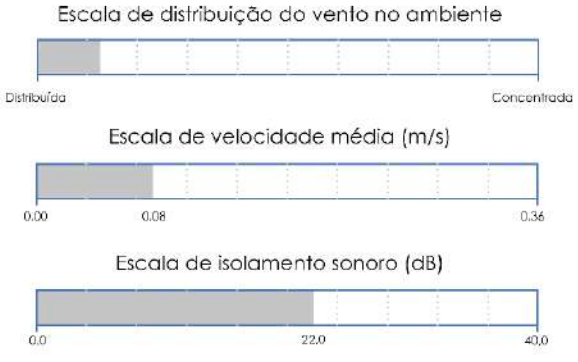


Plano 6

Velocidade do ar: 0,09 m/s

Desvio padrão 0,07





Considerações:

Assim como ocorre com os blocos menores, do componente 9c, devido à incidência oblíqua, o vento encontra maior dificuldade em passar pelo componente e entrar no ambiente, havendo redução de velocidade.

CAPÍTULO 7

Apresentação das Diretrizes Projetuais

CAPÍTULO 7: APRESENTAÇÃO DE DIRETRIZES PROJETUAIS

Nos itens que seguem, serão realizadas análises para cada tipologia, indicando os prós, os contras e as possíveis utilizações de determinados componentes e incidências de vento. Ao final, serão fornecidas diretrizes gerais.

7.1) Tipologia 1

Para a tipologia 1, foi possível perceber que, devido à disposição das aberturas, opostas e com uma câmara entre elas, o fluxo de vento tende a entrar no ambiente de forma oblíqua e contornar a parede da direita. Dependendo do projeto, esse sentido de fluxo pode não ser interessante, pois não abrange todo o ambiente, e em alguns casos a zona de baixa velocidade é bem grande. A alteração da localização da porta não alteraria esse quadro, o vento ainda contornaria a parede posterior até a saída do ambiente. Além disso, os valores de perda de transmissão sonora não são muito altos, isso ocorre devido às aberturas, que são bem maiores em comparação a outras tipologias. Então, é importante pensar que essa tipologia deve ser aplicada quando a atenuação de ruído necessária não é alta.

Também ficou claro que a incidência que mais favorece o fluxo de vento no ambiente interno é a de 225°, visto que apresenta maiores velocidade de vento no interior do modelo. Aqui, coloca-se 225° para facilitar o entendimento, mas o que favorece é a incidência que fica a favor do sentido do vento na câmara. Trocando-se a posição das aberturas, a incidência que mais favoreceria seria a 135°. Portanto, é de suma importância o conhecimento da direção dos ventos predominantes para entender onde posicionar as aberturas dessa tipologia.

Observando as fichas-síntese para a incidência favorável, nota-se certo equilíbrio entre ventilação e acústica nos componentes 1a, 1g e 1m. No 1m

(com velocidade média de 0,36 m/s, valor maior daquele obtido na tipologia base, e 14 dB de perda de transmissão), o afastamento da espessura da câmara entre as folhas de vidro cria uma grande área de transição, onde o som sofre múltiplas reflexões e perde energia e o vento não encontra dificuldade de passar, mostrando que para esse tipo de dispositivo, essa maior dimensão da câmara trouxe benefícios tanto para a acústica, quanto para ventilação, trazendo um ponto de convergência entre as variáveis. Entretanto, raramente é possível a inserção de uma esquadria tão robusta na fachada de uma construção. Para qualquer que seja o uso, isso se torna um gasto extra de espaço e dinheiro. Dessa forma, pode-se aproveitar essa estratégia para colocar em fachadas como um espaço de transição habitável, e não como uma câmara de uma esquadria. Trazer essa diretriz para uma sacada pode ser uma boa forma de afastar as aberturas de entrada de vento.

Nos componentes 1a e 1g, os valores de perda de transmissão sonora (15,7 dB e 16,9 dB em 1000 Hz, respectivamente) e velocidade média (0,17 e 0,18 m/s com incidência de 225°) são semelhantes e produzem um bom equilíbrio entre ventilação e controle de ruído, dentre os componentes da tipologia 1. Entretanto, em uma avaliação qualitativa dos fluxos de vento, nota-se que a região central ainda é pouco favorecida de fluxos de vento. Uma solução interessante seria a colocação de um painel vertical na saída do fluxo de modo a redirecionar esse vento para uma região mais central. Se esse painel fosse de material de absorção sonora, o sistema ainda poderia fornecer uma atenuação sonora extra no ambiente interno, porém, são necessários ensaios para quantificar essa atenuação, dependendo do tamanho e propriedades do painel.

7.2) Tipologia 2

Aqui, novamente, a análise qualitativa é muito importante para entender os fluxos de vento. Na tipologia 2, se for feita apenas uma análise quantitativa, a melhor incidência é a de 225°, pois, de maneira geral,

apresenta valores de velocidade média maiores que as outras. Porém, ao avaliar qualitativamente, é possível perceber que na incidência perpendicular à fachada (180°), o fluxo de vento atravessa o ambiente com maior facilidade, porém se dirige para o teto, passando o plano 3 e a cota dos pontos de controle. As aberturas de 10 e 15 cm possuem boa perda de transmissão sonora (33 dB e 30 dB, respectivamente) e poderiam ser utilizadas na forma de peitoris ventilados, abaixo do vão da janela, apenas como ventilação adicional àquela existente. Assim é possível trazer as aberturas para a parte central da fachada, baixando o fluxo de vento dentro do ambiente.

7.3) Tipologia 3

A tipologia 3 apresenta o mesmo sistema da tipologia 2, visto que ambas possuem aberturas inferiores e superiores e uma câmara, com espessura variável, entre essas aberturas. Sendo assim, ao se utilizar esse sistema na forma de peitoril ventilado, como sugerido no subitem anterior, é ainda possível incluir material de absorção sonora na moldura interna da câmara e na extensão das folhas, como no componente 3d. Essa estratégia eleva o desempenho acústico do sistema e oferece a possibilidade de aumentar as aberturas e o fluxo de vento no interior do ambiente. Outra forma de trabalhar variações das tipologias 2 e 3 é a colocação de mais de uma na fachada, aumentando a quantidade de aberturas.

7.4) Tipologia 4

Na tipologia 4, existe um problema relacionado às informações de controle de ruído. O parâmetro escolhido pelos autores (YU, 2019). foi a perda de transmissão sonora, mas não é avaliada uma faixa de frequência muito ampla e os resultados são divulgados em múltiplos de 5. Também não fica claro se é considerado o isolamento proporcionado pelo sistema (aberturas com metassuperfícies inseridas em uma parede) ou pelo dispositivo isoladamente. Vale ressaltar que o único componente levado para ensaios laboratoriais é o 4g, os outros são avaliados a partir de métodos matemáticos.

Tendo isso em vista, nota-se, do ponto de vista da ventilação natural, que as aberturas maiores permitem, conforme esperado, maior passagem de vento. Nesse contexto, é possível perceber que a incidência perpendicular à fachada (180°) proporciona maiores velocidades médias, principalmente para as aberturas menores, as quais possuem melhor desempenho para o isolamento sonoro. As outras incidências, principalmente no caso de aberturas menores, levam o fluxo de vento para o espaço entre as superfícies, provocando redução em sua velocidade de entrada.

Observando todos os componentes da tipologia 4 com incidência de vento a 180° e buscando-se um equilíbrio entre a ventilação natural e o isolamento sonoro, destacam-se os componentes 4c e 4g, com perda de transmissão sonora acima de 20 dB em 1000 Hz. O componente 4c proporciona um fluxo de vento que abrange os planos 1 e 2 na parte central. Já no 4g, o fluxo de vento ocorre apenas no plano 2. Portanto, é importante a avaliação do que se pretende ventilar.

Pensando em uma variação do componente 4g, as aberturas de 9 x 9 cm poderiam ser dispostas em pontos estratégicos de uma fachada, abrangendo espaços abaixo ou acima da janela ou faixas verticais que se estendem do chão ao teto, para ventilação complementar ou, ainda, utilizá-los como cobogós, em tipologias como escolas ou residências, abrangendo toda a parede ou parte desta.

7.5) Tipologia 5

Conforme já mencionado nas fichas-síntese desta tipologia, os valores de índice de redução sonora ponderada (R_w) proporcionados pelos sistemas são questionáveis. Isso ocorre, pois são valores muito altos em comparação a todos os outros aqui descritos. Portanto, uma segunda avaliação acústica é fortemente aconselhável nesse caso. Na presente pesquisa, consideram-se válidos os resultados publicados pelos autores (BAJRAKTARI *et al.,* 2015b). Dessa forma, observa-se que dependendo do posicionamento da abertura na fachada mais interna, varia-se também a melhor incidência de vento.

Considerando o equilíbrio entre as duas variáveis do conforto aqui estudadas, destacam-se o componente 5a na incidência de 180° (0,24 m/s e 21 dB) e o 5b na incidência de 225° (0,20 m/s e 28 dB). O primeiro proporciona uma ventilação mais concentrada, porém com velocidade média mais alta. E, com o segundo, é possível perceber fluxos de vento mais distribuídos. Apesar de os dois componentes proporcionarem maiores fluxos de vento no plano 3, o que dificilmente é interessante do ponto de vista do conforto térmico, entende-se aqui que, desde que respeitada a distância entre as aberturas e o tamanho delas, bem como os limites da estrutura, os resultados de ventilação e isolamento sonoro serão os mesmos. Sendo assim, é possível posicionar a abertura da fachada interna onde se pretende ventilar e, de acordo com esse posicionamento, pode-se alterar toda a estrutura externa.

Como a abertura da fachada interna dos componentes 5e, 5f e 5g se localiza no canto oposto à da fachada externa, os valores de velocidade média e os fluxos do ponto de vista qualitativo não têm alterações significativas considerando todas as incidências. Entretanto, do ponto de vista de isolamento sonoro, os componentes apresentam excelente atenuação de ruído, com índices de 31, 37 e 41 dB, respectivamente, para a frequência de 1000 Hz e valores acima de 30 dB em todas as bandas de frequência. Uma forma de melhorar o sistema, do ponto de vista da ventilação natural, seria o posicionamento da porta no outro lado da parede posterior, fazendo com que o fluxo de vento cortasse o ambiente, ainda que apenas no plano 1.

É possível pensar em outras várias formas de se trabalhar fachadas duplas, pensando na ventilação natural e no controle de ruído de forma conjunta. Esse sistema se mostra eficiente para diversos aspectos do conforto ambiental e pode ter outras estratégias associadas a ele, mas sempre tendo em mente que qualquer alteração no componente precisa ser medida e avaliada novamente.

7.6) Tipologia 6

Todos os componentes da tipologia 6 apresentam a mesma abertura para a entrada de ventilação. Para todos os componentes, a incidência perpendicular à fachada (180°) proporciona maiores velocidades médias nos pontos de controle do interior do ambiente. Os componentes 6b, 6c e 6d, nessa incidência, proporcionam fluxos e velocidades similares dentro do modelo. Os fluxos são concentrados no plano 2, na altura da entrada do fluxo, entrando pouco nos planos 1 e 3.

Sendo assim, o que realmente diferencia os três componentes é a capacidade de isolamento de ruídos externos. O componente 6b, com a ausência de material de absorção sonora e sem a extensão interna, apresentou uma diferença padronizada de nível ponderada ($D_{2m,nT,w}$) de 17,5 dB. Com a inclusão da extensão interna e adição de uma placa de material absorvente no componente 6c, a $D_{2m,nT,w}$ subiu para 21,8 dB. E a inclusão de uma segunda placa de material absorvente elevou essa diferença de nível para 23,0 dB no componente 6d.

Considerando os fluxos e velocidades iguais, o componente 6d, por proporcionar maior isolamento sonoro, representa melhor o equilíbrio entre a ventilação natural e a acústica. Esses peitoris são uma solução bastante interessante para escolas, visto que espalha o fluxo no plano de entrada do vento e permitem que uma janela comum continue fazendo o seu papel de trazer iluminação para o ambiente. Além disso, permitem a entrada de ventilação mesmo em dias chuvosos. Existe ainda a possibilidade de aumentar a altura da abertura e inserir mais peitoris na fachada, trazendo mais variações deste componente, de forma a distribuir o vento por todo o ambiente.

7.7) Tipologia 7

Alguns pontos precisam ser destacados para esta tipologia. Primeiramente, é importante dizer que os resultados de isolamento sonoro são fornecidos para R_w (índice de redução sonora ponderado), não sendo disponibilizados resultados por bandas de frequência. Além disso, os ensaios

foram realizados apenas para o componente, este foi posicionado na face de uma caixa e assim foram realizadas as medições. Isso significa que os valores fornecidos se referem ao componente medido de forma isolada, sendo necessários cálculos para saber a redução sonora desse componente posicionado em uma fachada.

As incidências oblíquas proporcionaram valores médios de velocidade mais baixos, visto a tendência do fluxo de se concentrar nas paredes da esquerda ou direita. As inclinações dos *brises* a 25° reduziram tanto os valores de velocidade média, quanto os de redução sonora. Já a inclinação a 45° trouxe benefícios quanto ao isolamento sonoro, mas reduziu significativamente os fluxos de vento internos. Considerando esse cenário e buscando-se o ponto ótimo entre ventilação natural e acústica, destaca-se o componente 7a, para a incidência de 180°, que proporciona um fluxo de vento com velocidade média de 0,20 m/s, concentrado entre os planos 1 e 2 e uma redução sonora de 10,3 dB.

Vale ressaltar que um *brise* possui outros benefícios dos pontos de vista térmico, impedindo a entrada de radiação solar direta, e lumínico, impedindo ofuscamento. Esse sistema pode ser ampliado, de acordo com o vão em que ele se insere, aumentando a entrada de fluxo de vento no ambiente e proporcionando melhor distribuição.

7.8) Tipologia 8

Assim como ocorre na tipologia 7, o resultado da tipologia 8 também é fornecido em valor único. Observando as três fichas-síntese com os resultados dessa tipologia, fica claro que a incidência mais favorável aos fluxos de vento é a perpendicular à fachada, proporcionando uma velocidade média de 0,22 m/s e um índice de redução sonora aparente (R') de 13,0 dB.

O favorecimento da incidência de 180° ocorre porque o sistema possui um painel vertical externo que funciona como uma barreira ao vento que incide a 135°. Se esse painel estivesse do outro lado da abertura, essa incidência seria muito favorável para a captação de vento pelo sistema, da

mesma forma que ocorre na tipologia 1 para a incidência de 225°. Por ser uma tipologia semelhante à tipologia 1, acontece o mesmo fenômeno de o vento entrar no ambiente e contornar a parede, neste caso, a da esquerda, saindo, então, pelo vão da porta.

Como aqui o componente não consiste na janela do ambiente, mas sim em um sistema adicional à janela principal, sendo posicionado em sua lateral, poderia ser interessante a colocação deste componente nas duas laterais da janela, de forma espelhada e proporcionando fluxos de vento para as duas laterais do ambiente. Pensando em um ambiente maior, essa solução poderia proporcionar uma ventilação natural mais distribuída. Do ponto de vista de controle de ruído, como o material de absorção sonora já se mostrou bastante eficaz em sistemas desse tipo, a inserção de material absorvente no interior do componente tornaria o sistema mais isolante acusticamente.

7.9) Tipologia 9

A tipologia 9 mostra que uma solução possível e bastante eficiente é a colocação de diversas aberturas pequenas na fachada. Essa alternativa distribui o vento no ambiente proporcionando boa ventilação natural e, dependendo da forma em que essas aberturas forem tratadas, também podem trazer boa atenuação de ruído para o ambiente interno. Dentre os componentes da tipologia 9, destacam-se os componentes 9a e 9b, como formas eficientes de encontrar o equilíbrio entre a ventilação natural e o isolamento sonoro.

O componente 9a possui aberturas menores, porém mais numerosas, e traz boas condições de ventilação natural para o ambiente interno em todas as incidências analisadas. Entretanto, devido às cavidades existentes nos elementos e posicionadas nas aberturas para o vento (de forma de atenuar o ruído), o fluxo perde velocidade dentro dessas cavidades, nas incidências oblíquas. Dessa forma, destaca-se novamente a incidência perpendicular à fachada, que proporciona maior velocidade média no interior do modelo (0,21 m/s) e um fluxo que abrange todo o plano 2. Do ponto de vista do

isolamento, o componente 9a apresenta uma diferença padroniza de nível ponderada ($D_{2m,nT,w}$) de 21,0 dB.

Com velocidades e distribuição de vento um pouco menores que o componente anterior, o componente 9b também proporciona fluxos de vento que valem ser destacados. Devido aos blocos maiores, a quantidade de aberturas é bem menor e o tamanho das cavidades também é maior, o que reduz a velocidade média em todas as incidências, mas principalmente nas oblíquas. Para a incidência perpendicular, a velocidade média ficou em 0,16 m/s, com um fluxo de vento mais concentrado no plano 2. Porém, a $D_{2m,nT,w}$ apresentou um acréscimo de 5 dB, subindo para 26,0 dB. Sendo assim, é uma questão de ponderar o que o projeto mais necessita.

A vantagem dos componentes 9a e 9b em relação aos 9c e 9d vai além da questão de ventilação natural. Os primeiros apresentam aberturas livres, fazendo com que ocorra a passagem de iluminação natural também. Já os outros dois, apesar de promoverem uma atenuação sonora maior, bloqueiam a iluminação, e assim, o elemento cobogó perde uma de suas funções.

7.10) Diretrizes gerais

Conforme visto neste capítulo, é possível conciliar boas condições de vento com isolamento sonoro, através dos mais diversos tipos de sistemas. Alguns componentes, pensados para o isolamento sonoro, apresentaram valores de velocidade média semelhantes e até superiores à tipologia base. Entretanto, é essencial analisar as distribuições de fluxo proporcionadas por cada sistema para entender em qual tipologia arquitetônica aplicar cada uma. A tipologia arquitetônica (escola, residência etc.) deve guiar a escolha de uma ventilação natural distribuída ou concentrada.

Também é importante conhecer as necessidades dos usuários e atividades desempenhadas por eles no espaço interno. Com isso, sabe-se quanto de ruído é necessário isolar e quanto de vento é necessário entrar. Nem sempre o ponto ótimo ou o equilíbrio perfeito entre as duas variáveis será imperativo, tudo dependerá do projeto.

Depois de conhecer todos os sistemas aqui apresentados e entender o fluxo de vento gerado por cada um deles, é interessante pensar que alguns componentes podem ser associados para um maior controle do ruído. Embaixo das janelas *plenum* (tipologia 1), pode entrar um peitoril ventilado (tipologia 6), por exemplo. Na frente dessas mesmas janelas, pode ser inserido um *brise*.

Foi percebido que o "ponto ótimo" é encontrado de forma mais fácil quando pequenas e abundantes aberturas abrangem toda a fachada. Dessa forma, os cobogós (tipologia 9) e as metassuperfícies (tipologia 4) podem ser utilizados como ventilação complementar, associados a outras esquadrias, ou ainda podem ser utilizados em espaços de transição.

Além disso, é possível estabelecer outros usos para os componentes avaliados, como, por exemplo, a criação de cobogós com metassuperfícies, que, com uma maior quantidade de aberturas na fachada, proporcionariam a entrada de iluminação natural, um bloqueio parcial de radiação solar direta, ventilação natural e controle de ruído. Ademais, existe uma facilidade de produção e os custos costumam ser mais baixos.

CAPÍTULO 8

Limitações e Desdobramentos da Pesquisa

CAPÍTULO 8: LIMITAÇÕES E DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA

O primeiro grande desafio desta pesquisa foi a busca por trabalhos que considerassem a ventilação natural e o controle de ruído. Apesar de o número de publicações ser crescente, principalmente nos últimos 5 anos, levou um tempo até que se encontrasse um número de referências bibliográficas satisfatório. Depois, percebeu-se a tendência de se avaliar apenas a questão da acústica nesses trabalhos e, consequentemente, a falta de metodologias que conseguissem analisar as duas variáveis que estavam sendo estudadas e as colocassem no mesmo grau de importância.

O primeiro objetivo desta pesquisa era o desenvolvimento de um sistema voltado para a realidade climática brasileira, por isso a necessidade de uma metodologia na qual pudesse se basear. Essas questões foram levadas para o exame de qualificação e dele foram trazidas duas possibilidades: a criação de uma nova metodologia e/ou a elaboração de diretrizes projetuais.

Por falta de ferramentas específicas e necessárias e devido à pandemia causada pelo coronavírus, que impossibilitou a realização de testes físicos e dificultou a pesquisa em diversos outros aspectos, o desenvolvimento de um processo metodológico precisou ser adiado.

Optou-se, então, pela proposta de diretrizes projetuais. Porém, na FAU USP faltam ferramentas, sejam elas físicas ou computacionais, que possibilitem a avaliação da acústica de edificações, não sendo possível a obtenção dos valores de isolamento no caso de alterações dos componentes avaliados ou criação de novos componentes.

Ainda houve uma tentativa de utilização do *plugin Pachyderm*, programa de avaliação de acústica de salas que funciona a partir do método de traçado de raios, dentro do *software Rhinoceros/Grasshopper*. Porém, o *plugin* não permite colocar valores de coeficiente de transmissão entre 0 e 1, apenas números inteiros. Acredita-se no potencial do *plugin* juntamente com

a utilização de formulações matemáticas para avaliações de isolamento sonoro. Vale ressaltar que esse programa é gratuito e por isso vale ser mais explorado. Isso não foi feito nesta pesquisa por falta de materiais e ferramentas físicas, onde pudessem ser feitos ensaios laboratoriais para calibração do modelo.

Dessa forma, foi preciso utilizar dados provenientes de outras pesquisas, impondo outra limitação a esta pesquisa. A comparação entre os diferentes sistemas é dificultada por falta de valores em bandas de oitava ou terço de oitava para os cálculos do valor único. Em determinados casos em que há tais informações, aparecem alguns erros ou incompatibilidades na determinação do valor ponderado, ressaltando a falta de normatização e padronização entre os trabalhos publicados.

Também devido à pandemia, houve a impossibilidade de utilização do túnel de vento, para a validação dos resultados das simulações. Por fim, traz-se a necessidade de ensaios em túnel de vento, como pesquisas futuras, para entender o impacto do material de absorção sonora na ventilação natural, sendo inserido tanto na moldura interna dos elementos, quanto na extensão das placas. Com isso, é possível fazer a calibração desses materiais nos *softwares* de CFD.

CAPÍTULO 9

Considerações Finais

CAPÍTULO 9: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a caracterização dos fenômenos de ventilação natural e acústicos, de forma separada e conjunta e considerando toda a apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos nesta pesquisa, conclui-se que é possível obter boas condições de isolamento sonoro e ventilação natural com soluções relativamente simples, mesmo em locais que necessitam da ventilação natural para prover conforto térmico, como na maior parte do Brasil.

Apesar do inegável e evidente paradoxo existente entre o conforto térmico, pensado a partir da ventilação natural e do conforto acústico, relacionado ao isolamento sonoro a ruídos externos, percebeu-se que determinadas soluções conseguem proporcionar um ponto ótimo entre as duas variáveis do conforto. Inclui-se aqui a possibilidade de pensar em sistemas que incluam todas as variáveis do conforto, somando-se o conforto lumínico e térmico, no sentido de proporcionar sombreamento. Porém, outros estudos específicos seriam necessários.

A grande maioria das pesquisas encontradas com estudos envolvendo a interação entre ventilação natural e acústica possuem foco apenas na manutenção da salubridade do ambiente interno, facilmente obtida através de baixos níveis de renovação de ar. A realidade climática na maior parte do território nacional requer que a ventilação natural seja utilizada para prover ainda o conforto térmico, exigindo não apenas taxas de renovação de ar, mas taxas mínimas de velocidade do vento.

Esta pesquisa indica que é perfeitamente possível trazer os sistemas desenvolvidos por pesquisadores asiáticos e europeus para a realidade climática brasileira. Deve-se atentar principalmente para a quantidade e o posicionamento dessas aberturas, realizando os estudos e ensaios físicos, laboratoriais ou *in situ,* para cada alteração.

Além disso, para a aplicação de qualquer projeto, é importante que seja realizado um estudo do espaço urbano onde o projeto se insere, trazendo a importância da elaboração e utilização do mapa de ruído como ferramenta auxiliar à implantação de qualquer projeto. A correção do perfil de vento, de acordo com a ocupação urbana do local também se faz necessária.

Vale ressaltar que as normativas brasileiras não incentivam a busca por soluções que consigam aliar os aspectos do conforto ambiental, fazendo com que os projetistas e a indústria da construção civil não busquem alternativas que fujam do convencional. Espera-se, então, que esta pesquisa represente uma pequena parte do longo caminho para o desenvolvimento sustentável da arquitetura, com o incentivo da adoção de técnicas passivas para o conforto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3:** Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10152:** Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10151:** Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

ACCIOLY, L.; OLIVEIRA, P.; BITTENCOURT, L. A influência da forma de prateleiras de luz na captação e distribuição interna da ventilação natural em um ambiente. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16., 2016, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ENTAC, 2016, p. 417-427.

ANSYS. Fluids – Computational Fluid Dynamics. ©2020. Disponível em: https://www.ansys.com/products/fluids. Acesso em 19 de fevereiro de 2020.

ARAÚJO, Bianca C. D. **Proposta de elemento vazado acústico**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ARAÚJO, Bianca C. D. de; BISTAFA, Sylvio R. Façade Elements for Natural Ventilation and Sound Insulation. **Building Acoustics.** v.19, n.1, p. 25-43, 2012.

ASHRAE. **Handbook Fundamentals**. Atlanta, ASHRAE, 2001.

BAGDASARIAN N. *et al.* A safe and efficient, naturally ventilated structure for COVID-19 surge capacity in Singapore. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, volume 42, issue 5, may 2021, p. 630-632, 2021.

BAJRAKTARI, Egzon; LECHLEITNER, Josef; MAHDAVI, Ardeshir. The Sound Insulation of Double Facades with Openings for Natural Ventilation. **Building Acoustics.** v. 22, n. 3+4, p. 163-176, 2015a.

_____. Estimating the sound insulation of double facades with openings for natural ventilation. **Energy Procedia.** v. 78, p. 140-145, 2015b.

Bhagat, R., Davies Wykes, M., Dalziel, S., & Linden, P. (2020). Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19. **Journal of Fluid Mechanics**, v. 903, F1. Disponível em https://doi.org/10.1017/jfm.2020.720. Acesso em 24 de maio de 2021.

Bhagat R. K.; Linden P.F. Displacement ventilation: a viable ventilation strategy for makeshift hospitals and public buildings to contain COVID-19 and other airborne diseases. Royal Society Open Science. v. 7: 200680, 2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1098/rsos.200680. Acesso em 24 de maio de 2021.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** 3ª edição. São Paulo, Blucher, 2018.

BITTENCOURT, Leonardo Salazar. **Clima e Repertório Arquitetônico** In: II Seminário Nacional sobe Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura – PROJETAR 2005. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU – UFRJ, 2005.

BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christhina. **Ventilação Natural em Edificações**. PROCEL EDIFICA: Rio de Janeiro, 2010.

BOGO, A. J. Reflexões críticas quanto às limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575. **Holos.** Ano 32, vol. 7. 2016.

BS. British Standards. **BS EN 1793-3.** Road traffic noise reducing devices. Test method for determining the acoustic performance. Normalized traffic noise spectrum. 1998.

BURATTI, C. Indoor noise reduction index with open window. **Applied Acoustics.** v.63. p.431-451, 2002.

BURATTI, C. Indoor noise reduction index with open window (Part II). **Applied Acoustics.** v.67. p.383-401, 2006.

CALLERI, Cristina *et al.* Building façades optimization at preliminary design stage for outdoor noise mitigation. In: Euronoise, 2018, Creta. Anais. p. 2427-2434.

CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica.** 2ªed. Brasília: Thesaurus, 2010.

CHAN, Michelle C.; YEUNG, David B. K. The Development of an Innovative Noise Mitigation Measure for a Luxury Seaview Residential Development. In: Inter-noise 2019. **Proceedings…** Madrid, 2019.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CIBSE. The Chartered Institution of Building Services Engineers. **Natural Ventilation in Non-Domestic Buildings** – a guide for designers, developers and owners. Good Practice Guide 237, 1994.

COUTINHO, Laís de Gusmão; MICHALSKI, Ranny Loureiro Xavier Nascimento; SHIMOMURA, Alessandra Rodrigues Prata. State-of-the-art of noise control in openings for natural ventilation and its applicability to the comfort in regions of tropical climate. In: Internoise, 2020, Seoul. **Proceedings...** Seoul, 2020a.

COUTINHO, Laís de Gusmão; SHIMOMURA, Alessandra Rodrigues Prata; MICHALSKI, Ranny Loureiro Xavier Nascimento; NAZARETH, Samuel Bertrand Melo. Simulações Computacionais em CFD de Janelas Acústicas com Aberturas para Ventilação Natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020b.

COST. European Cooperation in Science and Technology. Cost Action 14: recommendations on the use of CFD in predicting pedestrian wind environment. Brussels: COST, 2004.

CÓSTOLA, Daniel. **Ventilação por ação do vento no edifício: procedimentos para quantificação.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

COTTA, J. P. O. **The impact of window design in the environmental performance of work environments in São Paulo**. 2012. Dissertation (M.Sc.) – SED, Environmental and Energy Programme, AA School, London, 2012.

DAI, H.; ZHAO, B. Association of the infection probability of COVID-19 with ventilation rates in confined spaces. **Build. Simul**. 13, p. 1321–1327, 2020.

DECIBEL FRANCE. Votre expert en solutions acoustiques. Disponível em: https://www.decibelfrance.com/. Acesso em 03 de março de 2020.

DU, Liangfen; LAU, Siu-Kit; LEE, Siew Eang. Sound Insulation of ventilation partitions with different configurations. In: Inter-noise, 2019. **Proceedings…** Madrid, 2019.

FIELD, Chris; CUTHBERT, Grant. Acoustically Treated Dual Vented Window System. In: Inter-noise, 2019. **Proceedings…** Madrid, 2019.

FIELD, C. D.; DIGERNESSE, J. Acoustic design criteria for naturally ventilated buildings. In: Acoustics Paris, 2008. p. 5375-5379. **Proceedings…** Paris, 2008.

FINEGOLD, Lawrence S. *et al.* **Guidelines for Community Noise Impact Assessment and Mitigation: Final Report**. I-INCE Technical Study Group on Community Noise: Environmental Noise Impact Assessment and Mitigation (TSG 6). Março, 2011.

FOOD4RHINO. Apps for Rhino and Grasshopper. Pachyderm Acoustical Simulation. Disponível em: https://www.food4rhino.com/app/pachyderm-acoustical-simulation. Acesso em 19 de fevereiro de 2020.

FONTENELLE, Marília Ramalho. **A ventilação natural na reabilitação de edifícios de escritórios: desafios e potencialidades.** Tese (Doutorado em Ciência da Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FORD, R. D.; KERRY, G. The sound insulation of partially open double glazing. **Applied Acoustics.** v.6, 1973.

FREIXANET, Victor Armando Fuentes; VIQUEIRA, Manuel Rodríguez. **Ventilación Natural: cálculos básicos para arquitectura.** 1ª ed. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico.** 7ª ed. São Paulo: Editora Nobel, 2003.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; MARCONDES-CAVALERI, Mônica Pereira. Ventilação natural em edifícios de escritório: mito ou realidade? In: GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus. (Org.). **Edifício ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

HIGGINS, James; SHANKAR, Vivek; HODGSON, Murray. Investigation of airflow and sound transmission through vented acoustical panels for natural ventilation. **Canadian Acoustics.** v. 44, n. 3, 2016.

HUANG, Huahua; QIU, Xiaojun; KANG, Jian. Active noise attenuation in ventilation windows. **Journal Acoustical Society of America**. v.130 (1), p.176-188, 2011.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 10140:** Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements. 2016.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 717-1:** Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airbone sound insulation. 2020.

JEAN, P. Sound transmission through opened windows. **Applied Acoustics.** v.70, p.41-49, 2009.

KANG, Jian. An acoustic window system with optimum ventilation and daylighting performance. **Noise & Vibration Worlwide.** p. 9-17. Novembro, 2006.

KANG, J; BROCKLESBY, M. W. Feasibility of applying micro-perforated absorbers in acoustic window systems. **Applied Acoustics.** v. 66, p. 669-689, 2005.

KERRY, G.; FORD, R. D. The field performance of partially open dual glazing. **Applied Acoustics.** v.7, 1974.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3ª edição. Rio de Janeiro: PROCEL, 2013.

LEITE, Renan Cid Varela. **Cidade, Vento, Energia: limites de aplicação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido.** Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

LI, Xiaolong *et al*. Empirical prediction of traffic noise transmission loss across plenum windows. **Applied Acoustics**, 151, 45-54, 2019.

LIMA, Raffaela Germano de; BITTENCOURT, Leonardo Salazar. A influência de diferentes arranjos construtivos no comportamento da ventilação natural. **urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana**. 2017, vol.9, suppl.1, pp. 425-441.

LO, David; YIM, Stephen; LEUNG, Kenneth. **Design for Noise Mitigation Measures for Public Housing Developments in Hong Kong**. In: Inter-noise, Melbourne, 2014. Anais.

LORENZEN, Peter A. C. Noise control through open windows: a solution model. In: Inter-noise, 2019. **Proceedings…** Madrid, 2019.

LOSSO, Marco; VIVEIROS, Elvira. Acoustics versus natural ventilation in southern Brazilian educational buildings. In: PLEA 2003 – The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture. **Proceedings...** Santiago, Chile, 2003.

LUKIANTCHUKI, Marieli Azoia. **Sheds extratores e captadores de ar para indução da ventilação natural em edificações.** Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia). Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

LUZZI, Sergio; BUSA, Lucia; BARTALUCCI, Chiara. **Acoustic Smartness and Sustainability in Urban Planning and Building Design.** In: Euronoise, Creta, 2018. Anais. p. 837-844.

MACH ACOUSTICS. Sustainable Acoustics – Sustainable acoustic scheme design from Mach Acoustics. Mach Acoustics: Bristol, s/d.

MARCONDES, Mônica Pereira. **Soluções Projetuais de Fachadas para Edifícios de Escritórios com Ventilação Natural em São Paulo.** Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MARIN CASTAÑO, Héctor Fabian. **Impacto de dispositivos de sombreamento externos e muro na ventilação natural e no desempenho térmico de uma habitação de interesse social térrea.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.

MATOS, Michele. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Cataria. Florianópolis, 2007.

MICHALSKI, Ranny Loureiro Xavier Nascimento. **Metodologias para medição de isolamento sonoro em campo e para expressão da incerteza de medição na avaliação do desempenho acústico de edificações.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

MICHALSKI, Ranny L. X. N. *et al.* **Som, percepção sonora e comportamento sonoro**. São Paulo, 2020a. Apresentação em PDF. 91 slides. Aula da disciplina AUT 0286 – Conforto Ambiental 3: Termoacústica. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=82306. Acesso em 27 de dezembro de 2021.

MICHALSKI, Ranny L. X. N. *et al.* **Acústica Arquitetônica e Urbana**. São Paulo, 2020b. Apresentação em PDF. 78 slides. Aula da disciplina AUT 0286 – Conforto Ambiental 3: Termoacústica. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/course /view.php?id=82306. Acesso em 27 de dezembro de 2021.

MOHSEN, Effat A.; OLDHAM, D. J. Traffic noise reduction due to the screening effect of balconies on a building façade. **Applied Acoustics.** v. 10, 1977.

MONTEZUKI, Fabio Kenji. **Um estudo sobre a simulação computacional da ventilação cruzada em habitações e sua aplicação no projeto arquitetônico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

MORAES, Elcione Maria Lobato de. **Análisis del Comportamiento Acústico de los Sistemas Constructivos de Fachadas Verticales.** Tese (Doutorado) – Escuela Tecnica Superior de Arquitectura da Universidad Politecnica de Madrid. Madri, 2002.

NAZARETH, Samuel Bertrand Melo. **Impactos da verticalização no microclima em cidade tropical úmida: o centro da cidade de Fortaleza – CE.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2020.

NEVES, Letícia de Oliveira. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural.** Dissertação (Mestrado em

Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

NEVES, Letícia de Oliveira; RORIZ, Maurício. Procedimentos estimativos do potencial de uso de chaminés solares para promover a ventilação natural em edificações de baixa altura. **Ambiente Construído.** v. 12, n. 1, p. 177-192, jan./mar. 2012.

NUNEZ, Israel J. C.; MIRANDA, João. G. O.; DUARTE, MARCUS V. Active noise control in acoustic shutters. **Applied Acoustics.** v. 152, p. 41-46, 2019.

ODEON. Room Acoustics Software. ©2021. Disponível em: https://odeon.dk/. Acesso em 11 de janeiro de 2022.

OITICICA, Maria Lucia Gondim da Rosa. **Desempenho acústico de diversas tipologias de peitoris ventilados.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. Campinas, 2010.

ONU. Organização das Nações Unidas. ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701. Acesso em: 11 de janeiro de 2021.

PATRÍCIO, Jorge. **Acústica nos Edifícios.** 7ª edição. Editora: Engebook, 2018.

PÁMIES, T. *et al*. Active control of aircraft fly-over sound transmission through an open window. **Applied Acoustics.** v. 84, p. 116-121, 2014.

PRATA, Alessandra Rodrigues. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano.** Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Nota Técnica 01/DVISAT/2020. Recomendações sobre a Qualidade do Ar Interno para Saúde do Trabalhador no ambiente de trabalho diante da Pandemia do coronavírus (COVID-19). São Paulo, 24 de março. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/04/1095141/nota_tecnica_01_dvisat_2020_coronavirus_saude_trabalhador.pdf. Acesso em 11 de janeiro de 2022.

PRÓACÚSTICA. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho.** Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho. 1ª edição. PróAcústica, 2013.

QUEIROZ, Cintia Serra de. **Avaliação do isolamento sonoro nas fachadas de edifícios residenciais. Estudo de caso: o processo evolutivo na Avenida Beira Mar – Florianópolis.** Dissertação (Mestrado em Comportamento Ambiental e

Eficiência Energética das Edificações). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

RENSON®. Creating Healthy Spaces. Disponível em: https://www.renson.eu/gd-gb/. Acesso em 03 de março de 2020.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico dos**. Eficiência Energética em Edifícios.** Ed. Manole, Série Sustentabilidade, 2012.

SALIS, M. H. F. DE; OLDHAM, D. J.; SHARPLES, S. Noise Control Strategies for Naturally Ventilated Buildings. **Building and Environment**, v.37, 471-484, 2002.

SIMÕES, Flávio Maia. **Acústica Arquitetônica**. PROCEL EDIFICA: Rio de Janeiro, 2011.

SONARCHITECT. SONarchitect CTE. ©2021. Disponível em: https://www.sonarchitect.asia/. Acesso em 11 de janeiro de 2022.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura.** São Carlos: EdUFSCar, 2012.

TANG, Shiu-Keung. A Review on Natural Ventilation-Enabling Façade Noise Control Devices for Congested High-Rise Cities. **Applied Sciences**, 7, 175, 2017.

TOLEDO, Alexandre. Critérios para o dimensionamento de aberturas de ventilação natural dos edifícios. In: ENCAC 2001. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto do Ambiente Construído. **Anais...** São Pedro, Brasil, 2001.

TONG, Y. G. *et al.* Full-scale field study of sound transmission across plenum windows. **Applied Acoustics.** v. 89, p. 244-253, 2015.

TONG, Yean Ghing; TANG, Shiu-Keung. Acoutical Benefits of Plenum Window as Façade Device - A Parametric Study. In: ISCEE, 2016. International Symposium on Civil and Environmental Engineering. **Proceedings...** Wuhan, China, 2016.

TRINDADE, Sileno Cirne; PEDRINI, Aldomar; DUARTE, Raimundo Nonato Calazans. Métodos de aplicação da simulação computacional em edifícios naturalmente ventilados no clima quente e úmido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 37-58, out./dez. 2010.

VETTORAZZI, Egon; LANGNER, Marcelo; JUNIOR, Odoni Ruschel; TEIXEIRA, Patrícia Soares. Elemento de controle térmico, lumínico e acústico. In: III SNCS – Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. **Anais...** Passo Fundo, 2014.

VIEGAS, Mônica Nazaré Carvalho. **Arquitetura e Acústica Bioclimática: estudo de fachadas visando ao controle do ruído urbano e ao conforto térmico nas edificações em clima quente úmido.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica (COPPE). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

VIVEIROS, E. B.; GIBBS, B. M. An image model for predicting the field performance of acoustic louvres from impulse measurements. **Applied Acoustics.** v. 64, p. 713-730, 2003.

WANG, Shuping *et al*. Active sound radiation control with secondary sources at the edge of the opening. **Applied Acoustics**. v. 117, p. 173-179, 2017.

WASSOUF, Micheel. **Da casa passiva à norma Passivhaus: a arquitetura passiva em climas quentes.** Barcelona: Editora Gustavo Gili, 2014.

WHO. World Health Organization. Science Conversation. Episode 10: Ventilation & COVID19. Disponível em: https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/media-resources/science-in-5/episode-10---ventilation-covid-19. Acesso em 3 de dezembro de 2020.

WHO. World Health Organization. Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19. Genebra: World Health Organization, 2021.

YU, X. *et al*. A numerical investigation on the sound insulation of ventilation windows. **Applied Acoustics.** v.117, part A, fevereiro, 2017, p. 113-121.

YU, Xiang. Design and in-situ measurement of the acoustic performance of a metasurface ventilation window. **Applied Acoustics.** v. 152, 2019, p. 127-132.

APÊNDICE 1

Tabelas com as velocidades nos pontos de controle localizados no interior do modelo

		VELOCIDADE DO AR (m/s)																																				
		1a			1b			1c			1d			1f			1g			1h			1i			1j			1k			1l			1m			1n		
		180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135
PLANO 1	PC1	0,23	0,27	0,04	0,10	0,14	0,06	0,10	0,15	0,16	0,05	0,17	0,09	0,06	0,12	0,08	0,10	0,28	0,12	0,06	0,10	0,11	0,12	0,10	0,12	0,06	0,09	0,10	0,10	0,12	0,05	0,06	0,08	0,07	0,21	0,20	0,08	0,20	0,28	0,12
	PC2	0,07	0,07	0,02	0,05	0,18	0,06	0,13	0,27	0,24	0,14	0,52	0,27	0,08	0,32	0,20	0,02	0,27	0,20	0,06	0,37	0,14	0,24	0,26	0,19	0,17	0,23	0,17	0,11	0,08	0,12	0,13	0,11	0,12	0,30	0,53	0,09	0,19	0,25	0,05
	PC3	0,05	0,09	0,11	0,06	0,08	0,08	0,13	0,10	0,13	0,10	0,10	0,07	0,07	0,12	0,10	0,10	0,09	0,16	0,09	0,12	0,07	0,12	0,14	0,10	0,08	0,10	0,08	0,06	0,06	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,16	0,10	0,14	0,18	0,05
	PC4	0,14	0,20	0,08	0,09	0,20	0,08	0,14	0,18	0,15	0,08	0,26	0,14	0,08	0,22	0,09	0,13	0,19	0,12	0,13	0,21	0,10	0,14	0,16	0,17	0,10	0,16	0,11	0,15	0,15	0,09	0,13	0,11	0,08	0,23	0,31	0,09	0,18	0,26	0,11
	PC5	0,11	0,13	0,07	0,12	0,04	0,09	0,11	0,08	0,02	0,06	0,09	0,08	0,06	0,04	0,01	0,10	0,04	0,01	0,07	0,02	0,01	0,11	0,03	0,12	0,05	0,08	0,02	0,05	0,04	0,06	0,04	0,11	0,05	0,10	0,05	0,05	0,07	0,25	0,07
	PC6	0,09	0,14	0,08	0,08	0,13	0,07	0,11	0,14	0,13	0,10	0,20	0,10	0,10	0,19	0,10	0,10	0,10	0,25	0,13	0,21	0,06	0,14	0,11	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,05	0,09	0,10	0,07	0,07	0,16	0,26	0,11	0,10	0,17	0,04
	PC7	0,13	0,16	0,07	0,07	0,14	0,06	0,08	0,15	0,09	0,06	0,17	0,10	0,08	0,14	0,08	0,07	0,14	0,08	0,08	0,13	0,07	0,10	0,10	0,11	0,09	0,13	0,10	0,10	0,11	0,06	0,11	0,12	0,06	0,17	0,22	0,08	0,11	0,16	0,12
	PC8	0,20	0,28	0,09	0,14	0,18	0,08	0,20	0,26	0,16	0,17	0,24	0,15	0,14	0,24	0,10	0,21	0,19	0,11	0,13	0,19	0,10	0,17	0,15	0,13	0,14	0,18	0,11	0,11	0,13	0,06	0,10	0,11	0,09	0,24	0,35	0,17	0,21	0,37	0,09
	PC9	0,20	0,28	0,08	0,15	0,08	0,07	0,14	0,25	0,15	0,20	0,29	0,18	0,32	0,27	0,24	0,68	0,29	0,18	0,75	0,57	0,11	0,33	0,26	0,14	0,32	0,32	0,21	0,16	0,24	0,20	0,33	0,12	0,15	0,78	0,86	0,33	0,22	0,26	0,11
	MÉDIA	0,14	0,18	0,07	0,10	0,13	0,07	0,13	0,18	0,14	0,11	0,23	0,13	0,11	0,18	0,11	0,17	0,18	0,14	0,17	0,21	0,09	0,16	0,15	0,13	0,12	0,16	0,11	0,10	0,11	0,09	0,12	0,10	0,08	0,25	0,33	0,12	0,16	0,24	0,08
	DESVIO	0,06	0,08	0,03	0,04	0,05	0,01	0,03	0,07	0,06	0,05	0,13	0,06	0,08	0,09	0,07	0,20	0,09	0,07	0,22	0,17	0,04	0,08	0,08	0,03	0,08	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,09	0,02	0,03	0,21	0,24	0,08	0,05	0,07	0,03
PLANO 2	PC10	0,17	0,32	0,10	0,22	0,20	0,08	0,21	0,33	0,08	0,12	0,28	0,15	0,18	0,32	0,12	0,17	0,12	0,08	0,09	0,17	0,06	0,18	0,20	0,13	0,13	0,17	0,07	0,08	0,20	0,10	0,16	0,18	0,09	0,22	0,35	0,21	0,21	0,25	0,08
	PC11	0,17	0,16	0,07	0,13	0,16	0,09	0,18	0,10	0,15	0,09	0,23	0,20	0,11	0,20	0,12	0,17	0,21	0,15	0,09	0,13	0,10	0,20	0,10	0,15	0,11	0,02	0,10	0,11	0,17	0,08	0,07	0,09	0,10	0,19	0,14	0,13	0,23	0,20	0,12
	PC12	0,17	0,24	0,09	0,15	0,16	0,07	0,21	0,18	0,21	0,21	0,26	0,17	0,17	0,21	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,23	0,12	0,36	0,35	0,22	0,25	0,20	0,11	0,09	0,08	0,12	0,06	0,09	0,15	0,36	0,32	0,15	0,31	0,22	0,06
	PC13	0,11	0,18	0,10	0,11	0,18	0,09	0,12	0,19	0,17	0,11	0,30	0,17	0,11	0,22	0,13	0,10	0,11	0,14	0,12	0,25	0,12	0,16	0,10	0,16	0,13	0,16	0,08	0,12	0,22	0,10	0,12	0,17	0,12	0,20	0,34	0,12	0,16	0,21	0,08
	PC14	0,08	0,06	0,03	0,06	0,10	0,06	0,10	0,10	0,05	0,08	0,05	0,02	0,07	0,05	0,02	0,07	0,09	0,06	0,08	0,05	0,06	0,03	0,06	0,04	0,07	0,05	0,09	0,14	0,14	0,05	0,11	0,12	0,05	0,04	0,03	0,06	0,06	0,15	0,05
	PC15	0,10	0,13	0,08	0,10	0,19	0,04	0,16	0,24	0,21	0,16	0,28	0,19	0,16	0,23	0,14	0,13	0,14	0,18	0,17	0,22	0,25	0,46	0,41	0,22	0,30	0,28	0,22	0,07	0,04	0,12	0,04	0,05	0,11	0,34	0,40	0,19	0,24	0,14	0,08
	PC16	0,08	0,16	0,05	0,08	0,12	0,05	0,09	0,15	0,12	0,08	0,19	0,11	0,08	0,14	0,07	0,09	0,16	0,10	0,07	0,17	0,08	0,12	0,07	0,15	0,09	0,10	0,10	0,11	0,14	0,06	0,11	0,09	0,08	0,20	0,22	0,10	0,12	0,22	0,08
	PC17	0,10	0,18	0,09	0,08	0,17	0,08	0,15	0,19	0,16	0,11	0,19	0,14	0,08	0,17	0,09	0,17	0,19	0,13	0,11	0,15	0,08	0,15	0,14	0,12	0,11	0,13	0,07	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,22	0,25	0,12	0,18	0,21	0,10
	PC18	0,19	0,26	0,13	0,06	0,17	0,06	0,86	1,14	0,92	0,84	0,84	0,89	1,00	1,24	0,67	0,82	0,58	0,26	0,82	0,64	0,10	0,09	0,21	0,35	0,24	0,29	0,11	0,60	0,54	0,39	0,45	0,45	0,33	1,48	1,46	1,39	0,54	0,80	0,09
	MÉDIA	0,13	0,19	0,08	0,11	0,16	0,07	0,23	0,29	0,23	0,20	0,29	0,23	0,22	0,31	0,16	0,21	0,19	0,14	0,19	0,22	0,11	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,11	0,16	0,18	0,13	0,14	0,15	0,13	0,36	0,39	0,27	0,23	0,27	0,08
	DESVIO	0,04	0,08	0,03	0,05	0,03	0,02	0,24	0,33	0,26	0,24	0,22	0,25	0,30	0,36	0,19	0,23	0,15	0,06	0,24	0,17	0,06	0,13	0,12	0,09	0,08	0,09	0,05	0,17	0,14	0,10	0,12	0,12	0,08	0,43	0,42	0,42	0,14	0,20	0,02
PLANO 3	PC19	0,08	0,11	0,04	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,07	0,09	0,16	0,11	0,12	0,12	0,06	0,10	0,06	0,09	0,09	0,07	0,05	0,10	0,17	0,14	0,10	0,10	0,12	0,05
	PC20	0,13	0,16	0,10	0,12	0,11	0,03	0,10	0,23	0,09	0,09	0,09	0,09	0,12	0,16	0,06	0,10	0,10	0,12	0,16	0,15	0,10	0,20	0,19	0,15	0,16	0,14	0,11	0,16	0,16	0,08	0,12	0,06	0,10	0,23	0,26	0,14	0,18	0,17	0,12
	PC21	0,32	0,32	0,11	0,23	0,24	0,09	0,24	0,31	0,22	0,18	0,19	0,22	0,23	0,22	0,15	0,19	0,22	0,16	0,19	0,18	0,17	0,35	0,27	0,27	0,28	0,19	0,17	0,20	0,21	0,13	0,17	0,13	0,12	0,40	0,35	0,19	0,41	0,36	0,10
	PC22	0,06	0,06	0,06	0,10	0,12	0,09	0,11	0,11	0,16	0,14	0,16	0,15	0,11	0,13	0,12	0,04	0,09	0,15	0,11	0,11	0,06	0,13	0,10	0,12	0,12	0,08	0,09	0,06	0,15	0,09	0,07	0,09	0,06	0,05	0,22	0,13	0,13	0,17	0,12
	PC23	0,06	0,11	0,04	0,03	0,16	0,03	0,08	0,06	0,02	0,05	0,12	0,04	0,01	0,09	0,03	0,07	0,10	0,02	0,01	0,05	0,05	0,09	0,02	0,10	0,01	0,04	0,03	0,04	0,15	0,04	0,07	0,10	0,05	0,10	0,16	0,01	0,17	0,11	0,09
	PC24	0,16	0,10	0,07	0,07	0,15	0,04	0,11	0,16	0,17	0,09	0,20	0,15	0,07	0,15	0,11	0,11	0,13	0,18	0,08	0,15	0,10	0,29	0,10	0,31	0,18	0,06	0,11	0,08	0,08	0,07	0,07	0,05	0,22	0,29	0,19	0,07	0,27	0,14	0,10
	PC25	0,03	0,03	0,06	0,15	0,17	0,07	0,12	0,17	0,12	0,13	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,04	0,10	0,10	0,10	0,06	0,14	0,10	0,09	0,12	0,09	0,04	0,08	0,13	0,08	0,07	0,10	0,06	0,12	0,18	0,16	0,15	0,05	0,11
	PC26	0,07	0,10	0,08	0,10	0,17	0,06	0,11	0,08	0,16	0,12	0,26	0,16	0,11	0,22	0,12	0,10	0,10	0,13	0,12	0,21	0,11	0,17	0,12	0,14	0,10	0,14	0,07	0,11	0,22	0,15	0,11	0,12	0,10	0,13	0,33	0,23	0,12	0,09	0,12
	PC27	0,13	0,17	0,07	0,09	0,18	0,06	0,42	0,21	0,62	0,52	0,23	0,66	0,63	0,45	0,35	0,64	0,66	0,18	0,62	0,67	0,28	0,65	0,75	0,14	0,12	0,57	0,08	0,14	0,15	0,20	0,12	0,14	0,10	0,38	1,47	0,16	0,69	0,24	0,13
	MÉDIA	0,12	0,13	0,07	0,10	0,15	0,06	0,15	0,16	0,19	0,16	0,16	0,19	0,16	0,18	0,12	0,16	0,17	0,13	0,17	0,19	0,11	0,24	0,20	0,16	0,13	0,15	0,09	0,10	0,15	0,10	0,10	0,09	0,10	0,21	0,37	0,13	0,25	0,16	0,10
	DESVIO	0,09	0,08	0,02	0,06	0,05	0,02	0,11	0,08	0,17	0,14	0,06	0,18	0,18	0,11	0,09	0,19	0,19	0,05	0,18	0,19	0,07	0,17	0,22	0,08	0,07	0,16	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,13	0,42	0,07	0,19	0,09	0,02
PLANO 4	PC1	0,23	0,27	0,04	0,10	0,14	0,06	0,10	0,15	0,16	0,05	0,17	0,09	0,06	0,12	0,08	0,10	0,28	0,12	0,06	0,10	0,11	0,12	0,10	0,12	0,06	0,09	0,10	0,10	0,12	0,05	0,06	0,08	0,07	0,21	0,20	0,08	0,20	0,28	0,12
	PC4	0,14	0,20	0,08	0,09	0,20	0,08	0,14	0,18	0,15	0,08	0,26	0,14	0,08	0,22	0,09	0,13	0,19	0,12	0,13	0,21	0,10	0,14	0,16	0,17	0,10	0,16	0,11	0,15	0,15	0,09	0,13	0,11	0,08	0,23	0,31	0,09	0,18	0,26	0,11
	PC7	0,13	0,16	0,07	0,07	0,14	0,06	0,08	0,15	0,09	0,06	0,17	0,10	0,08	0,14	0,08	0,07	0,14	0,08	0,08	0,13	0,07	0,10	0,10	0,11	0,09	0,13	0,10	0,10	0,11	0,06	0,11	0,12	0,06	0,17	0,22	0,08	0,11	0,16	0,12
	PC10	0,17	0,32	0,10	0,22	0,20	0,08	0,21	0,33	0,08	0,12	0,28	0,15	0,18	0,32	0,12	0,17	0,12	0,08	0,09	0,17	0,06	0,18	0,20	0,13	0,13	0,17	0,07	0,08	0,20	0,10	0,16	0,18	0,09	0,22	0,35	0,21	0,21	0,25	0,08
	PC13	0,11	0,18	0,10	0,11	0,18	0,09	0,12	0,19	0,17	0,11	0,30	0,17	0,11	0,22	0,13	0,10	0,11	0,14	0,12	0,25	0,12	0,16	0,10	0,16	0,13	0,16	0,08	0,12	0,22	0,10	0,12	0,17	0,12	0,20	0,34	0,12	0,16	0,21	0,08
	PC16	0,08	0,16	0,05	0,08	0,12	0,05	0,09	0,15	0,12	0,08	0,19	0,11	0,08	0,14	0,07	0,09	0,16	0,10	0,07	0,17	0,08	0,12	0,07	0,15	0,09	0,10	0,10	0,11	0,14	0,06	0,11	0,09	0,08	0,20	0,22	0,10	0,12	0,22	0,08
	PC19	0,08	0,11	0,04	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,07	0,09	0,16	0,11	0,12	0,12	0,06	0,10	0,06	0,09	0,09	0,07	0,05	0,10	0,17	0,14	0,10	0,10	0,12	0,05

	PC22	0,06	0,06	0,06	0,10	0,12	0,09	0,11	0,11	0,16	0,14	0,16	0,15	0,11	0,13	0,12	0,04	0,09	0,15	0,11	0,11	0,06	0,13	0,10	0,12	0,12	0,08	0,09	0,06	0,15	0,09	0,07	0,09	0,06	0,05	0,22	0,13	0,13	0,17	0,12
	PC25	0,03	0,03	0,06	0,15	0,17	0,07	0,12	0,17	0,12	0,13	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,04	0,10	0,10	0,10	0,06	0,14	0,10	0,09	0,12	0,09	0,04	0,08	0,13	0,08	0,07	0,10	0,06	0,12	0,18	0,16	0,15	0,05	0,11
	MÉDIA	0,11	0,17	0,07	0,11	0,15	0,07	0,12	0,17	0,13	0,10	0,20	0,13	0,10	0,16	0,09	0,10	0,13	0,11	0,10	0,15	0,08	0,14	0,12	0,13	0,11	0,12	0,09	0,10	0,15	0,08	0,10	0,11	0,08	0,17	0,24	0,12	0,15	0,19	0,10
	DESVIO	0,06	0,09	0,02	0,05	0,04	0,01	0,04	0,07	0,03	0,03	0,07	0,03	0,04	0,07	0,02	0,04	0,07	0,02	0,03	0,06	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,06	0,07	0,04	0,04	0,07	0,03
PLANO 5	PC2	0,07	0,07	0,02	0,05	0,18	0,06	0,13	0,27	0,24	0,14	0,52	0,27	0,08	0,32	0,20	0,02	0,27	0,20	0,06	0,37	0,14	0,24	0,26	0,19	0,17	0,23	0,17	0,11	0,08	0,12	0,13	0,11	0,12	0,30	0,53	0,09	0,19	0,25	0,05
	PC5	0,11	0,13	0,07	0,12	0,04	0,09	0,11	0,08	0,02	0,06	0,09	0,08	0,06	0,04	0,01	0,10	0,04	0,01	0,07	0,02	0,01	0,11	0,03	0,12	0,05	0,08	0,02	0,05	0,04	0,06	0,04	0,11	0,05	0,10	0,05	0,05	0,07	0,25	0,07
	PC8	0,20	0,28	0,09	0,14	0,18	0,08	0,20	0,26	0,16	0,17	0,24	0,15	0,14	0,24	0,10	0,21	0,19	0,11	0,13	0,19	0,10	0,17	0,15	0,13	0,14	0,18	0,11	0,11	0,13	0,06	0,10	0,11	0,09	0,24	0,35	0,17	0,21	0,37	0,09
	PC11	0,17	0,16	0,07	0,13	0,16	0,09	0,18	0,10	0,15	0,09	0,23	0,20	0,11	0,20	0,12	0,17	0,21	0,15	0,09	0,13	0,10	0,20	0,10	0,15	0,11	0,02	0,10	0,11	0,17	0,08	0,07	0,09	0,10	0,19	0,14	0,13	0,23	0,20	0,12
	PC14	0,08	0,06	0,03	0,06	0,10	0,06	0,10	0,10	0,05	0,08	0,05	0,02	0,07	0,05	0,02	0,07	0,09	0,06	0,08	0,05	0,06	0,03	0,06	0,04	0,07	0,05	0,09	0,14	0,14	0,05	0,11	0,12	0,05	0,04	0,03	0,06	0,06	0,15	0,05
	PC17	0,10	0,18	0,09	0,08	0,17	0,08	0,15	0,19	0,16	0,11	0,19	0,14	0,08	0,17	0,09	0,17	0,19	0,13	0,11	0,15	0,08	0,15	0,14	0,12	0,11	0,13	0,07	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,22	0,25	0,12	0,18	0,21	0,10
	PC20	0,13	0,16	0,10	0,12	0,11	0,03	0,10	0,23	0,09	0,09	0,09	0,09	0,12	0,16	0,06	0,10	0,10	0,12	0,16	0,15	0,10	0,20	0,19	0,15	0,16	0,14	0,11	0,16	0,16	0,08	0,12	0,06	0,10	0,23	0,26	0,14	0,18	0,17	0,12
	PC23	0,06	0,11	0,04	0,03	0,16	0,03	0,08	0,06	0,02	0,05	0,12	0,04	0,01	0,09	0,03	0,07	0,10	0,02	0,01	0,05	0,05	0,09	0,02	0,10	0,01	0,04	0,03	0,04	0,15	0,04	0,07	0,10	0,05	0,10	0,16	0,01	0,17	0,11	0,09
	PC26	0,07	0,10	0,08	0,10	0,17	0,06	0,11	0,08	0,16	0,12	0,26	0,16	0,11	0,22	0,12	0,10	0,10	0,13	0,92	0,21	0,11	0,17	0,12	0,14	0,10	0,14	0,07	0,11	0,22	0,15	0,11	0,12	0,10	0,13	0,33	0,23	0,12	0,09	0,12
	MÉDIA	0,11	0,14	0,07	0,09	0,14	0,06	0,13	0,15	0,12	0,10	0,20	0,13	0,09	0,17	0,08	0,11	0,14	0,10	0,18	0,15	0,08	0,15	0,12	0,13	0,10	0,11	0,09	0,11	0,13	0,09	0,10	0,10	0,09	0,17	0,23	0,11	0,16	0,20	0,09
	DESVIO	0,05	0,07	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,14	0,08	0,04	0,09	0,06	0,06	0,07	0,06	0,28	0,11	0,04	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,08	0,16	0,07	0,06	0,08	0,03
PLANO 6	PC3	0,05	0,09	0,11	0,06	0,08	0,08	0,13	0,10	0,13	0,10	0,10	0,07	0,07	0,12	0,10	0,10	0,09	0,16	0,09	0,12	0,07	0,12	0,14	0,10	0,08	0,10	0,08	0,06	0,06	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,16	0,10	0,14	0,18	0,05
	PC6	0,09	0,14	0,08	0,08	0,13	0,07	0,11	0,14	0,13	0,10	0,20	0,10	0,10	0,19	0,10	0,10	0,10	0,25	0,13	0,21	0,06	0,14	0,11	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,05	0,09	0,10	0,07	0,07	0,16	0,26	0,11	0,10	0,17	0,04
	PC9	0,20	0,28	0,08	0,15	0,08	0,07	0,14	0,25	0,15	0,20	0,29	0,18	0,32	0,27	0,24	0,68	0,29	0,18	0,75	0,57	0,11	0,33	0,26	0,14	0,32	0,32	0,21	0,16	0,24	0,20	0,33	0,12	0,15	0,78	0,86	0,33	0,22	0,26	0,11
	PC12	0,17	0,24	0,09	0,15	0,16	0,07	0,21	0,18	0,21	0,21	0,26	0,17	0,17	0,21	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,23	0,12	0,36	0,35	0,22	0,25	0,20	0,11	0,09	0,08	0,12	0,06	0,09	0,15	0,36	0,32	0,15	0,31	0,22	0,06
	PC15	0,10	0,13	0,08	0,10	0,19	0,04	0,16	0,24	0,21	0,16	0,28	0,19	0,16	0,23	0,14	0,13	0,14	0,18	0,17	0,22	0,25	0,46	0,41	0,22	0,30	0,28	0,22	0,07	0,04	0,12	0,04	0,05	0,11	0,34	0,40	0,19	0,24	0,14	0,08
	PC18	0,19	0,26	0,13	0,06	0,17	0,06	0,86	1,14	0,92	0,84	0,84	0,89	1,00	1,24	0,67	0,82	0,58	0,26	0,82	0,64	0,10	0,09	0,21	0,35	0,24	0,29	0,11	0,60	0,54	0,39	0,45	0,45	0,33	1,48	1,46	1,39	0,54	0,80	0,09
	PC21	0,32	0,32	0,11	0,23	0,24	0,09	0,24	0,31	0,22	0,18	0,19	0,22	0,23	0,22	0,15	0,19	0,22	0,16	0,19	0,18	0,17	0,35	0,27	0,27	0,28	0,19	0,17	0,20	0,21	0,13	0,17	0,13	0,12	0,40	0,35	0,19	0,41	0,36	0,10
	PC24	0,16	0,10	0,07	0,07	0,15	0,04	0,11	0,16	0,17	0,09	0,20	0,15	0,07	0,15	0,11	0,11	0,13	0,18	0,08	0,15	0,10	0,29	0,10	0,31	0,18	0,06	0,11	0,08	0,08	0,07	0,07	0,05	0,22	0,29	0,19	0,07	0,27	0,14	0,10
	PC27	0,13	0,17	0,07	0,09	0,18	0,06	0,42	0,21	0,62	0,52	0,23	0,66	0,63	0,45	0,35	0,64	0,66	0,18	0,62	0,67	0,28	0,65	0,75	0,14	0,12	0,57	0,08	0,14	0,15	0,20	0,12	0,14	0,10	0,38	1,47	0,16	0,69	0,24	0,13
	MÉDIA	0,16	0,19	0,09	0,11	0,15	0,06	0,26	0,30	0,31	0,27	0,29	0,29	0,31	0,34	0,22	0,32	0,26	0,19	0,33	0,33	0,14	0,31	0,29	0,20	0,21	0,24	0,13	0,16	0,16	0,16	0,16	0,13	0,15	0,48	0,61	0,30	0,32	0,28	0,08
	DESVIO	0,08	0,08	0,02	0,06	0,05	0,02	0,24	0,32	0,28	0,25	0,21	0,28	0,31	0,35	0,19	0,30	0,21	0,04	0,30	0,22	0,08	0,19	0,20	0,09	0,09	0,15	0,06	0,17	0,16	0,10	0,14	0,12	0,08	0,42	0,53	0,42	0,19	0,21	0,03

		VELOCIDADE DO AR (m/s)																																						
		2a			2b			2c			3a			3b			3c			3d			3e			4a			4b			4c			4d			4e			4f		
		180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135
PLANO 1	PC1	0,06	0,03	0,03	0,10	0,05	0,04	0,13	0,05	0,03	0,16	0,21	0,16	0,15	0,12	0,09	0,17	0,21	0,11	0,17	0,18	0,09	0,14	0,12	0,09	0,05	0,05	0,09	0,06	0,07	0,12	0,09	0,08	0,04	0,08	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02	0,06	0,03	0,10
	PC2	0,06	0,06	0,04	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,12	0,11	0,10	0,09	0,10	0,07	0,11	0,12	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,13	0,08	0,57	0,10	0,07	0,40	0,11	0,08	0,58	0,06	0,12	0,25	0,03	0,15	0,28	0,07	0,25
	PC3	0,09	0,13	0,06	0,08	0,15	0,14	0,08	0,09	0,13	0,08	0,09	0,16	0,10	0,03	0,05	0,10	0,10	0,12	0,10	0,05	0,17	0,09	0,03	0,06	0,12	0,18	0,05	0,09	0,22	0,05	0,13	0,08	0,10	0,17	0,17	0,09	0,11	0,09	0,08	0,13	0,17	0,07
	PC4	0,06	0,07	0,04	0,08	0,12	0,05	0,05	0,05	0,04	0,08	0,05	0,04	0,09	0,05	0,03	0,07	0,05	0,03	0,07	0,06	0,01	0,08	0,05	0,03	0,09	0,08	0,12	0,19	0,08	0,19	0,10	0,04	0,06	0,17	0,05	0,02	0,06	0,03	0,08	0,16	0,07	0,15
	PC5	0,05	0,03	0,03	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,06	0,09	0,08	0,09	0,06	0,06	0,04	0,09	0,08	0,04	0,07	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05	0,09	0,04	0,13	0,36	0,28	0,27	0,43	0,19	0,07	0,56	0,17	0,10	0,06	0,06	0,04	0,17	0,12	0,14
	PC6	0,08	0,05	0,02	0,07	0,16	0,04	0,07	0,07	0,07	0,06	0,20	0,11	0,07	0,04	0,07	0,06	0,20	0,06	0,08	0,09	0,05	0,07	0,04	0,08	0,11	0,04	0,06	0,12	0,06	0,11	0,11	0,03	0,10	0,16	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,17	0,04	0,12
	PC7	0,02	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,08	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,05	0,05	0,02	0,14	0,05	0,10	0,12	0,20	0,17	0,08	0,03	0,05	0,08	0,11	0,12	0,09	0,01	0,05	0,14	0,06	0,18
	PC8	0,05	0,04	0,02	0,09	0,07	0,03	0,06	0,04	0,05	0,13	0,10	0,11	0,09	0,07	0,05	0,13	0,10	0,06	0,11	0,09	0,06	0,09	0,07	0,05	0,08	0,05	0,10	0,10	0,17	0,16	0,06	0,08	0,03	0,14	0,17	0,13	0,07	0,05	0,05	0,12	0,12	0,12
	PC9	0,02	0,03	0,03	0,10	0,10	0,03	0,11	0,06	0,02	0,13	0,14	0,08	0,12	0,10	0,08	0,13	0,14	0,06	0,13	0,15	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08	0,02	0,07	0,10	0,05	0,11	0,12	0,06	0,05	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02	0,04	0,14	0,05	0,08
	MÉDIA	0,05	0,05	0,03	0,08	0,10	0,06	0,08	0,06	0,06	0,10	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06	0,10	0,12	0,07	0,10	0,09	0,07	0,09	0,07	0,06	0,10	0,07	0,09	0,19	0,14	0,14	0,17	0,08	0,06	0,23	0,10	0,08	0,09	0,04	0,06	0,15	0,08	0,13
	DESVIO	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,03	0,17	0,08	0,07	0,14	0,05	0,03	0,20	0,06	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0,05	0,06
PLANO 2	PC10	0,06	0,05	0,04	0,10	0,11	0,05	0,13	0,12	0,03	0,17	0,22	0,15	0,15	0,16	0,09	0,17	0,22	0,11	0,17	0,19	0,09	0,14	0,13	0,09	0,05	0,05	0,11	0,04	0,09	0,16	0,12	0,06	0,05	0,03	0,06	0,11	0,05	0,03	0,05	0,05	0,01	0,13

	PC11	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,07	0,09	0,13	0,08	0,07	0,08	0,05	0,09	0,13	0,04	0,09	0,09	0,06	0,08	0,08	0,05	0,33	0,09	0,04	0,22	0,05	0,13	0,21	0,19	0,23	0,24	0,08	0,35	0,19	0,10	0,18	0,37	0,10	0,13
	PC12	0,08	0,12	0,06	0,08	0,22	0,00	0,06	0,16	0,11	0,06	0,16	0,06	0,09	0,05	0,10	0,05	0,15	0,11	0,04	0,09	0,10	0,09	0,05	0,12	0,12	0,03	0,03	0,14	0,64	0,11	0,10	0,19	0,04	0,21	0,49	0,10	0,06	0,14	0,07	0,13	0,22	0,09
	PC13	0,04	0,07	0,05	0,07	0,11	0,06	0,05	0,02	0,05	0,07	0,06	0,05	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,04	0,07	0,04	0,03	0,08	0,06	0,05	0,09	0,10	0,06	0,10	0,10	0,09	0,15	0,05	0,06	0,09	0,06	0,06	0,08	0,03	0,07	0,10	0,04	0,13
	PC14	0,05	0,03	0,03	0,07	0,09	0,02	0,03	0,06	0,06	0,08	0,05	0,02	0,07	0,03	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,02	0,06	0,08	0,03	0,07	0,55	0,05	0,13	0,60	0,10	0,05	0,44	0,13	0,36	0,71	0,10	0,34	0,42	0,26	0,23	0,72	0,30	0,42
	PC15	0,08	0,05	0,02	0,10	0,14	0,04	0,10	0,09	0,02	0,11	0,14	0,05	0,09	0,03	0,07	0,11	0,14	0,10	0,12	0,06	0,07	0,09	0,03	0,09	0,04	0,04	0,05	0,16	0,15	0,09	0,07	0,18	0,07	0,17	0,05	0,07	0,09	0,04	0,06	0,13	0,03	0,13
	PC16	0,03	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,10	0,05	0,03	0,07	0,10	0,04	0,06	0,07	0,03	0,07	0,02	0,03	0,04	0,02	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,18	0,21	0,13	0,14	0,07	0,09	0,19	0,11	0,15	0,10	0,01	0,04	0,10	0,06	0,12
	PC17	0,05	0,05	0,04	0,10	0,12	0,04	0,06	0,05	0,04	0,14	0,11	0,10	0,09	0,08	0,06	0,14	0,11	0,06	0,10	0,10	0,05	0,09	0,08	0,06	0,40	0,27	0,21	0,70	0,76	0,45	0,37	0,80	0,52	0,86	0,96	0,37	0,12	0,20	0,15	0,58	0,30	0,24
	PC18	0,03	0,04	0,03	0,10	0,12	0,05	0,11	0,09	0,04	0,14	0,17	0,10	0,11	0,11	0,06	0,14	0,17	0,07	0,13	0,16	0,07	0,10	0,11	0,06	0,09	0,07	0,06	0,10	0,03	0,08	0,11	0,06	0,06	0,06	0,12	0,13	0,07	0,04	0,04	0,11	0,04	0,04
	MÉDIA	0,05	0,06	0,04	0,08	0,12	0,04	0,07	0,08	0,05	0,10	0,12	0,08	0,09	0,07	0,07	0,10	0,12	0,07	0,09	0,09	0,06	0,09	0,07	0,07	0,19	0,09	0,09	0,25	0,24	0,14	0,19	0,19	0,16	0,28	0,23	0,19	0,13	0,09	0,10	0,25	0,12	0,16
	DESVIO	0,02	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,04	0,02	0,05	0,06	0,03	0,04	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02	0,19	0,07	0,06	0,23	0,27	0,12	0,13	0,24	0,17	0,29	0,31	0,13	0,12	0,09	0,07	0,24	0,12	0,11
PLANO 3	PC19	0,05	0,08	0,02	0,08	0,11	0,03	0,09	0,08	0,03	0,11	0,13	0,09	0,08	0,08	0,06	0,11	0,13	0,08	0,09	0,11	0,07	0,09	0,08	0,06	0,06	0,09	0,07	0,09	0,05	0,10	0,11	0,04	0,10	0,11	0,04	0,15	0,06	0,05	0,06	0,13	0,05	0,10
	PC20	0,14	0,03	0,04	0,11	0,08	0,07	0,10	0,08	0,07	0,13	0,11	0,07	0,10	0,06	0,03	0,13	0,11	0,04	0,14	0,10	0,04	0,09	0,06	0,03	0,09	0,12	0,02	0,11	0,02	0,07	0,11	0,04	0,18	0,21	0,04	0,12	0,05	0,08	0,10	0,15	0,06	0,04
	PC21	0,05	0,02	0,10	0,07	0,10	0,13	0,12	0,10	0,05	0,14	0,13	0,14	0,09	0,06	0,05	0,15	0,14	0,11	0,14	0,10	0,12	0,06	0,06	0,06	0,08	0,16	0,06	0,04	0,13	0,04	0,12	0,08	0,07	0,12	0,16	0,18	0,02	0,05	0,04	0,06	0,03	0,06
	PC22	0,02	0,17	0,03	0,02	0,16	0,04	0,04	0,02	0,04	0,02	0,13	0,07	0,04	0,08	0,05	0,03	0,13	0,06	0,03	0,08	0,05	0,05	0,09	0,05	0,12	0,11	0,09	0,17	0,12	0,11	0,18	0,05	0,07	0,18	0,03	0,18	0,05	0,06	0,03	0,16	0,06	0,14
	PC23	0,24	0,05	0,05	0,16	0,09	0,07	0,12	0,11	0,04	0,15	0,17	0,10	0,13	0,10	0,07	0,14	0,17	0,07	0,13	0,15	0,08	0,13	0,11	0,08	0,10	0,06	0,08	0,11	0,03	0,10	0,11	0,08	0,19	0,14	0,09	0,22	0,04	0,05	0,06	0,09	0,06	0,14
	PC24	0,05	0,05	0,19	0,06	0,08	0,20	0,08	0,08	0,01	0,14	0,13	0,15	0,09	0,05	0,05	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,13	0,04	0,06	0,16	0,02	0,05	0,15	0,11	0,05	0,06	0,04	0,04	0,16	0,05	0,09
	PC25	0,02	0,06	0,04	0,03	0,08	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,11	0,10	0,03	0,08	0,03	0,04	0,11	0,04	0,07	0,10	0,01	0,03	0,08	0,03	0,12	0,07	0,08	0,10	0,13	0,10	0,13	0,06	0,05	0,12	0,06	0,17	0,03	0,05	0,03	0,17	0,05	0,12
	PC26	0,13	0,31	0,23	0,39	0,39	0,62	0,88	0,74	0,65	0,15	0,15	0,10	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,11	0,12	0,12	0,07	0,11	0,10	0,10	0,06	0,09	0,06	0,16	0,08	0,09	0,17	0,13	0,08	0,20	0,12	0,11	0,07	0,06	0,02	0,14	0,07	0,08
	PC27	0,03	0,04	0,04	0,07	0,09	0,04	0,08	0,06	0,04	0,10	0,12	0,06	0,07	0,06	0,05	0,10	0,12	0,04	0,10	0,11	0,03	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,09	0,05	0,06	0,10	0,09	0,05	0,09	0,08	0,12	0,07	0,02	0,02	0,12	0,03	0,02
	MÉDIA	0,08	0,09	0,08	0,11	0,13	0,14	0,17	0,14	0,11	0,11	0,13	0,10	0,08	0,08	0,06	0,11	0,13	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,06	0,08	0,09	0,06	0,11	0,07	0,08	0,13	0,07	0,09	0,15	0,08	0,14	0,05	0,05	0,04	0,13	0,05	0,09
	DESVIO	0,07	0,09	0,08	0,11	0,10	0,19	0,27	0,23	0,20	0,05	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01	0,04
PLANO 4	PC1	0,06	0,03	0,03	0,10	0,05	0,04	0,13	0,05	0,03	0,16	0,21	0,16	0,15	0,12	0,09	0,17	0,21	0,11	0,17	0,18	0,09	0,14	0,12	0,09	0,05	0,05	0,09	0,06	0,07	0,12	0,09	0,08	0,04	0,08	0,05	0,06	0,05	0,02	0,02	0,06	0,03	0,10
	PC4	0,06	0,07	0,04	0,08	0,12	0,05	0,05	0,05	0,04	0,08	0,05	0,04	0,09	0,05	0,03	0,07	0,05	0,03	0,07	0,06	0,01	0,08	0,05	0,03	0,09	0,08	0,12	0,19	0,08	0,19	0,10	0,04	0,06	0,17	0,05	0,02	0,06	0,03	0,08	0,16	0,07	0,15
	PC7	0,02	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,08	0,04	0,05	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,05	0,05	0,02	0,14	0,05	0,10	0,12	0,20	0,17	0,08	0,03	0,05	0,08	0,11	0,12	0,09	0,01	0,05	0,14	0,06	0,18
	PC10	0,06	0,05	0,04	0,10	0,11	0,05	0,13	0,12	0,03	0,17	0,22	0,15	0,15	0,16	0,09	0,17	0,22	0,11	0,17	0,19	0,09	0,14	0,13	0,09	0,05	0,05	0,11	0,04	0,09	0,16	0,12	0,06	0,05	0,03	0,06	0,11	0,05	0,03	0,05	0,05	0,01	0,13
	PC13	0,04	0,07	0,05	0,07	0,11	0,06	0,05	0,02	0,05	0,07	0,06	0,05	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,04	0,07	0,04	0,03	0,08	0,06	0,05	0,09	0,10	0,06	0,10	0,10	0,09	0,15	0,05	0,06	0,09	0,06	0,06	0,08	0,03	0,07	0,10	0,04	0,13
	PC16	0,03	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,10	0,05	0,03	0,07	0,10	0,04	0,06	0,07	0,03	0,07	0,02	0,03	0,04	0,02	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,18	0,21	0,13	0,14	0,07	0,09	0,19	0,11	0,15	0,10	0,01	0,04	0,10	0,06	0,12
	PC19	0,05	0,08	0,02	0,08	0,11	0,03	0,09	0,08	0,03	0,11	0,13	0,09	0,08	0,08	0,06	0,11	0,13	0,08	0,09	0,11	0,07	0,09	0,08	0,06	0,06	0,09	0,07	0,09	0,05	0,10	0,11	0,04	0,10	0,11	0,04	0,15	0,06	0,05	0,06	0,13	0,05	0,10
	PC22	0,02	0,17	0,03	0,02	0,16	0,04	0,04	0,02	0,04	0,02	0,13	0,07	0,04	0,08	0,05	0,03	0,13	0,06	0,03	0,08	0,05	0,05	0,09	0,05	0,12	0,11	0,09	0,17	0,12	0,11	0,18	0,05	0,07	0,18	0,03	0,18	0,05	0,06	0,03	0,16	0,06	0,14
	PC25	0,02	0,06	0,04	0,03	0,08	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,11	0,10	0,03	0,08	0,03	0,04	0,11	0,04	0,07	0,10	0,01	0,03	0,08	0,03	0,12	0,07	0,08	0,10	0,13	0,10	0,13	0,06	0,05	0,12	0,06	0,17	0,03	0,05	0,03	0,17	0,05	0,12
	MÉDIA	0,04	0,07	0,04	0,07	0,10	0,05	0,07	0,06	0,04	0,08	0,11	0,09	0,08	0,08	0,05	0,08	0,11	0,06	0,08	0,09	0,04	0,08	0,08	0,05	0,09	0,07	0,09	0,12	0,12	0,13	0,12	0,05	0,06	0,12	0,06	0,11	0,06	0,03	0,05	0,12	0,05	0,13
	DESVIO	0,02	0,04	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,06	0,07	0,04	0,05	0,04	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,03	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03
PLANO 5	PC2	0,06	0,06	0,04	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,12	0,11	0,10	0,09	0,10	0,07	0,11	0,12	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,13	0,08	0,57	0,10	0,07	0,40	0,11	0,08	0,58	0,06	0,12	0,25	0,03	0,15	0,28	0,07	0,25
	PC5	0,05	0,03	0,03	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,06	0,09	0,08	0,09	0,06	0,06	0,04	0,09	0,08	0,04	0,07	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05	0,09	0,04	0,13	0,36	0,28	0,27	0,43	0,19	0,07	0,56	0,17	0,10	0,06	0,06	0,04	0,17	0,12	0,14
	PC8	0,05	0,04	0,02	0,09	0,07	0,03	0,06	0,04	0,05	0,13	0,10	0,11	0,09	0,07	0,05	0,13	0,10	0,06	0,11	0,09	0,06	0,09	0,07	0,05	0,08	0,05	0,10	0,10	0,17	0,16	0,06	0,08	0,03	0,14	0,17	0,13	0,07	0,05	0,05	0,12	0,12	0,12
	PC11	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,07	0,09	0,13	0,08	0,07	0,08	0,05	0,09	0,13	0,04	0,09	0,09	0,06	0,08	0,08	0,05	0,33	0,09	0,04	0,22	0,05	0,13	0,21	0,19	0,23	0,24	0,08	0,35	0,19	0,10	0,18	0,37	0,10	0,13
	PC14	0,05	0,03	0,03	0,07	0,09	0,02	0,03	0,06	0,06	0,08	0,05	0,02	0,07	0,03	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,02	0,06	0,08	0,03	0,07	0,55	0,05	0,13	0,60	0,10	0,05	0,44	0,13	0,36	0,71	0,10	0,34	0,42	0,26	0,23	0,72	0,30	0,42
	PC17	0,05	0,05	0,04	0,10	0,12	0,04	0,06	0,05	0,04	0,14	0,11	0,10	0,09	0,08	0,06	0,14	0,11	0,06	0,10	0,10	0,05	0,09	0,08	0,06	0,40	0,27	0,21	0,70	0,76	0,45	0,37	0,80	0,52	0,86	0,96	0,37	0,12	0,20	0,15	0,58	0,30	0,24
	PC20	0,14	0,03	0,04	0,11	0,08	0,07	0,10	0,08	0,07	0,13	0,11	0,07	0,10	0,06	0,03	0,13	0,11	0,04	0,14	0,10	0,04	0,09	0,06	0,03	0,09	0,12	0,02	0,11	0,02	0,07	0,11	0,04	0,18	0,21	0,04	0,12	0,05	0,08	0,10	0,15	0,06	0,04
	PC23	0,24	0,05	0,05	0,16	0,09	0,07	0,12	0,11	0,04	0,15	0,17	0,10	0,13	0,10	0,07	0,14	0,17	0,07	0,13	0,15	0,08	0,13	0,11	0,08	0,10	0,06	0,08	0,11	0,03	0,10	0,11	0,08	0,19	0,14	0,09	0,22	0,04	0,05	0,06	0,09	0,06	0,14
	PC26	0,13	0,31	0,23	0,39	0,39	0,62	0,88	0,74	0,65	0,15	0,15	0,10	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,11	0,12	0,12	0,07	0,11	0,10	0,10	0,06	0,09	0,06	0,16	0,08	0,09	0,17	0,13	0,08	0,20	0,12	0,11	0,07	0,06	0,02	0,14	0,07	0,08
	MÉDIA	0,09	0,07	0,06	0,13	0,12	0,12	0,16	0,14	0,12	0,12	0,11	0,09	0,09	0,08	0,06	0,12	0,11	0,06	0,10	0,10	0,06	0,09	0,08	0,06	0,20	0,10	0,09	0,33	0,18	0,15	0,26	0,19	0,19	0,40	0,20	0,21	0,14	0,10	0,11	0,29	0,13	0,17
	DESVIO	0,07	0,09	0,06	0,10	0,10	0,19	0,27	0,22	0,20	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,18	0,07	0,06	0,24	0,23	0,13	0,15	0,23	0,16	0,27	0,29	0,12	0,13	0,08	0,07	0,22	0,10	0,11

PLANO 6	PC3	0,09	0,13	0,06	0,08	0,15	0,14	0,08	0,09	0,13	0,08	0,09	0,16	0,10	0,03	0,05	0,10	0,10	0,12	0,10	0,05	0,17	0,09	0,03	0,06	0,12	0,18	0,05	0,09	0,22	0,05	0,13	0,08	0,10	0,17	0,17	0,09	0,11	0,09	0,08	0,13	0,17	0,07
	PC6	0,08	0,05	0,02	0,07	0,16	0,04	0,07	0,07	0,07	0,06	0,20	0,11	0,07	0,04	0,07	0,06	0,20	0,06	0,08	0,09	0,05	0,07	0,04	0,08	0,11	0,04	0,06	0,12	0,06	0,11	0,11	0,03	0,10	0,16	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,17	0,04	0,12
	PC9	0,02	0,03	0,03	0,10	0,10	0,03	0,11	0,06	0,02	0,13	0,14	0,08	0,12	0,10	0,08	0,13	0,14	0,06	0,13	0,15	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08	0,02	0,07	0,10	0,05	0,11	0,12	0,06	0,05	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02	0,04	0,14	0,05	0,08
	PC12	0,08	0,12	0,06	0,08	0,22	0,00	0,06	0,16	0,11	0,06	0,16	0,06	0,09	0,05	0,10	0,05	0,15	0,11	0,04	0,09	0,10	0,09	0,05	0,12	0,12	0,03	0,03	0,14	0,64	0,11	0,10	0,19	0,04	0,21	0,49	0,10	0,06	0,14	0,07	0,13	0,22	0,09
	PC15	0,08	0,05	0,02	0,10	0,14	0,04	0,10	0,09	0,02	0,11	0,14	0,05	0,09	0,03	0,07	0,11	0,14	0,10	0,12	0,06	0,07	0,09	0,03	0,09	0,04	0,04	0,05	0,16	0,15	0,09	0,07	0,18	0,07	0,17	0,05	0,07	0,09	0,04	0,06	0,13	0,03	0,13
	PC18	0,03	0,04	0,03	0,10	0,12	0,05	0,11	0,09	0,04	0,14	0,17	0,10	0,11	0,11	0,06	0,14	0,17	0,07	0,13	0,16	0,07	0,10	0,11	0,06	0,09	0,07	0,06	0,10	0,03	0,08	0,11	0,06	0,06	0,06	0,12	0,13	0,07	0,04	0,04	0,11	0,04	0,04
	PC21	0,05	0,02	0,10	0,07	0,10	0,13	0,12	0,10	0,05	0,14	0,13	0,14	0,09	0,06	0,05	0,15	0,14	0,11	0,14	0,10	0,12	0,06	0,06	0,06	0,08	0,16	0,06	0,04	0,13	0,04	0,12	0,08	0,07	0,12	0,16	0,18	0,02	0,05	0,04	0,06	0,03	0,06
	PC24	0,05	0,05	0,19	0,06	0,08	0,20	0,08	0,08	0,01	0,14	0,13	0,15	0,09	0,05	0,05	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,13	0,04	0,06	0,16	0,02	0,05	0,15	0,11	0,05	0,06	0,04	0,04	0,16	0,05	0,09
	PC27	0,03	0,04	0,04	0,07	0,09	0,04	0,08	0,06	0,04	0,10	0,12	0,06	0,07	0,06	0,05	0,10	0,12	0,04	0,10	0,11	0,03	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,09	0,05	0,06	0,10	0,09	0,05	0,09	0,08	0,12	0,07	0,02	0,02	0,12	0,03	0,02
	MÉDIA	0,06	0,06	0,06	0,08	0,13	0,07	0,09	0,09	0,05	0,11	0,14	0,10	0,09	0,06	0,06	0,11	0,14	0,09	0,11	0,10	0,09	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,05	0,11	0,15	0,08	0,11	0,09	0,07	0,14	0,15	0,10	0,06	0,05	0,05	0,13	0,07	0,08
	DESVIO	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,07	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,06	0,01	0,03	0,19	0,03	0,02	0,06	0,02	0,05	0,14	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,07	0,04

		VELOCIDADE DO AR (m/s)																																				
		4g			4h			5a			5b			5c			5d			5e			5f			5g			6a			6b			6c			6d			7a		
		180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135
PLANO 1	PC1	0,05	0,06	0,06	0,22	0,06	0,06	0,17	0,23	0,18	0,16	0,21	0,12	0,10	0,04	0,06	0,12	0,20	0,04	0,09	0,08	0,09	0,07	0,12	0,09	0,11	0,12	0,10	0,07	0,02	0,14	0,13	0,09	0,03	0,11	0,15	0,05	0,12	0,08	0,05	0,18	0,14	0,22
	PC2	0,05	0,16	0,04	0,47	0,07	0,24	0,25	0,19	0,24	0,16	0,20	0,12	0,06	0,04	0,03	0,14	0,17	0,04	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,09	0,11	0,20	0,09	0,13	0,21	0,07	0,14	0,11	0,03	0,14	0,16	0,12	0,14	0,09	0,14	0,39	0,05	0,38
	PC3	0,09	0,08	0,08	0,17	0,15	0,08	0,12	0,28	0,12	0,08	0,16	0,02	0,04	0,08	0,08	0,17	0,14	0,25	0,24	0,17	0,15	0,23	0,19	0,14	0,28	0,15	0,20	0,07	0,29	0,08	0,13	0,12	0,10	0,12	0,09	0,06	0,13	0,11	0,08	0,20	0,16	0,37
	PC4	0,06	0,06	0,10	0,16	0,09	0,14	0,08	0,09	0,08	0,03	0,07	0,03	0,13	0,04	0,07	0,13	0,15	0,06	0,07	0,03	0,12	0,08	0,10	0,13	0,12	0,12	0,11	0,13	0,16	0,10	0,24	0,28	0,11	0,25	0,04	0,08	0,25	0,05	0,09	0,15	0,13	0,20
	PC5	0,06	0,07	0,06	0,51	0,06	0,10	0,09	0,11	0,05	0,02	0,20	0,05	0,07	0,06	0,06	0,09	0,13	0,03	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,20	0,11	0,08	0,07	0,11	0,11	0,06	0,11	0,15	0,07	0,65	0,07	0,09
	PC6	0,07	0,06	0,05	0,16	0,10	0,08	0,16	0,15	0,11	0,09	0,20	0,05	0,08	0,04	0,05	0,27	0,18	0,17	0,22	0,12	0,09	0,23	0,12	0,11	0,24	0,12	0,13	0,05	0,10	0,06	0,09	0,14	0,15	0,09	0,13	0,15	0,09	0,08	0,13	0,14	0,44	0,04
	PC7	0,10	0,04	0,08	0,13	0,08	0,08	0,06	0,03	0,09	0,09	0,16	0,04	0,09	0,08	0,06	0,10	0,17	0,06	0,08	0,16	0,09	0,07	0,16	0,11	0,09	0,07	0,12	0,20	0,14	0,09	0,12	0,14	0,11	0,13	0,13	0,11	0,13	0,19	0,12	0,16	0,22	0,15
	PC8	0,06	0,05	0,10	0,26	0,13	0,11	0,05	0,12	0,11	0,08	0,21	0,08	0,15	0,11	0,13	0,57	0,21	0,07	0,09	0,12	0,11	0,08	0,11	0,10	0,10	0,07	0,10	0,12	0,09	0,14	0,13	0,12	0,12	0,15	0,09	0,09	0,13	0,02	0,11	0,41	0,19	0,06
	PC9	0,06	0,02	0,06	0,09	0,07	0,09	0,25	0,27	0,17	0,13	0,18	0,10	0,10	0,02	0,08	0,07	0,20	0,07	0,11	0,09	0,08	0,13	0,09	0,08	0,11	0,10	0,08	0,11	0,06	0,13	0,12	0,11	0,23	0,13	0,05	0,26	0,13	0,10	0,24	0,20	0,09	0,08
	MÉDIA	0,07	0,07	0,07	0,24	0,09	0,11	0,14	0,16	0,13	0,09	0,18	0,07	0,09	0,06	0,07	0,18	0,17	0,09	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12	0,10	0,14	0,12	0,11	0,11	0,13	0,11	0,13	0,13	0,11	0,14	0,11	0,11	0,14	0,10	0,11	0,28	0,17	0,18
	DESVIO	0,02	0,04	0,02	0,15	0,03	0,05	0,08	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,16	0,03	0,07	0,06	0,04	0,02	0,07	0,03	0,02	0,07	0,04	0,04	0,05	0,08	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,17	0,12	0,13
PLANO 2	PC10	0,08	0,07	0,07	0,18	0,04	0,08	0,34	0,33	0,26	0,23	0,28	0,16	0,14	0,03	0,07	0,12	0,22	0,04	0,10	0,08	0,12	0,09	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,10	0,04	0,24	0,12	0,15	0,19	0,13	0,06	0,02	0,13	0,03	0,06	0,17	0,13	0,12
	PC11	0,39	0,10	0,08	0,37	0,09	0,27	0,18	0,22	0,18	0,15	0,26	0,10	0,18	0,05	0,18	0,10	0,13	0,02	0,11	0,11	0,13	0,10	0,13	0,12	0,13	0,09	0,11	0,19	0,08	0,02	0,36	0,13	0,18	0,35	0,34	0,26	0,36	0,17	0,12	0,08	0,13	0,12
	PC12	0,07	0,18	0,05	0,24	0,12	0,12	0,05	0,14	0,27	0,04	0,18	0,07	0,10	0,13	0,09	0,17	0,03	0,16	0,11	0,10	0,09	0,10	0,07	0,07	0,12	0,05	0,08	0,12	0,17	0,12	0,10	0,14	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,27	0,10	0,07	0,05	0,04
	PC13	0,09	0,07	0,07	0,29	0,07	0,09	0,14	0,08	0,10	0,08	0,17	0,05	0,12	0,02	0,05	0,08	0,15	0,08	0,08	0,09	0,01	0,08	0,08	0,02	0,06	0,16	0,04	0,04	0,07	0,37	0,05	0,05	0,10	0,05	0,23	0,02	0,05	0,18	0,07	0,16	0,12	0,25
	PC14	0,53	0,19	0,24	0,60	0,21	0,41	0,08	0,08	0,10	0,07	0,08	0,05	0,41	0,06	0,41	0,14	0,11	0,05	0,04	0,06	0,06	0,03	0,03	0,02	0,05	0,06	0,05	0,21	0,07	0,12	0,32	0,11	0,13	0,31	0,30	0,15	0,32	0,10	0,10	0,14	0,11	0,09
	PC15	0,03	0,07	0,08	0,10	0,07	0,09	0,20	0,11	0,13	0,10	0,04	0,07	0,14	0,05	0,02	0,22	0,17	0,09	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,09	0,05	0,30	0,14	0,08	0,11	0,08	0,05	0,11	0,11	0,06	0,11	0,26	0,02	0,10	0,21	0,07
	PC16	0,09	0,06	0,07	0,23	0,07	0,16	0,07	0,05	0,08	0,22	0,19	0,09	0,15	0,06	0,06	0,11	0,13	0,08	0,10	0,16	0,13	0,09	0,18	0,15	0,11	0,10	0,16	0,12	0,19	0,08	0,16	0,11	0,10	0,17	0,19	0,11	0,16	0,11	0,12	0,16	0,15	0,24
	PC17	0,29	0,55	0,32	0,77	0,74	0,65	0,18	0,19	0,12	0,11	0,18	0,05	1,08	0,12	0,80	0,13	0,17	0,12	0,10	0,11	0,13	0,09	0,12	0,12	0,12	0,20	0,12	0,12	0,12	0,08	0,18	0,08	0,13	0,18	0,18	0,04	0,18	0,05	0,06	0,70	0,12	0,05
	PC18	0,07	0,06	0,05	0,08	0,10	0,10	0,28	0,26	0,17	0,15	0,21	0,11	0,07	0,10	0,08	0,09	0,20	0,09	0,13	0,12	0,09	0,10	0,12	0,10	0,14	0,10	0,10	0,13	0,05	0,10	0,13	0,10	0,14	0,13	0,12	0,10	0,13	0,14	0,11	0,20	0,30	0,07
	MÉDIA	0,18	0,15	0,11	0,32	0,17	0,22	0,17	0,16	0,16	0,13	0,18	0,08	0,27	0,07	0,20	0,13	0,15	0,08	0,09	0,10	0,09	0,08	0,10	0,08	0,10	0,11	0,09	0,15	0,10	0,13	0,17	0,11	0,12	0,17	0,18	0,09	0,17	0,15	0,08	0,20	0,15	0,12
	DESVIO	0,18	0,16	0,10	0,23	0,22	0,20	0,10	0,09	0,07	0,07	0,08	0,04	0,32	0,04	0,26	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,05	0,11	0,10	0,03	0,05	0,10	0,10	0,08	0,10	0,08	0,03	0,19	0,07	0,08
PLANO 3	PC19	0,07	0,05	0,07	0,14	0,02	0,15	0,62	0,48	0,36	0,30	0,31	0,19	0,13	0,40	0,05	0,08	0,15	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,12	0,13	0,13	0,10	0,12	0,12	0,05	0,13	0,07	0,05	0,12	0,13	0,11
	PC20	0,09	0,03	0,02	0,27	0,03	0,28	0,17	0,18	0,16	0,14	0,17	0,06	0,12	0,05	0,11	0,09	0,13	0,10	0,10	0,18	0,12	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,08	0,10	0,03	0,08	0,08	0,04	0,06	0,08	0,18	0,09	0,08	0,13	0,07	0,08	0,15	0,17
	PC21	0,07	0,02	0,02	0,11	0,18	0,08	0,18	0,13	0,13	0,11	0,23	0,04	0,15	0,11	0,05	0,09	0,09	0,07	0,20	0,20	0,16	0,20	0,20	0,15	0,19	0,12	0,21	0,12	0,09	0,11	0,11	0,10	0,08	0,11	0,08	0,05	0,11	0,14	0,05	0,10	0,06	0,19
	PC22	0,11	0,07	0,06	0,21	0,05	0,14	0,59	0,63	0,53	0,53	0,52	0,33	0,17	0,06	0,06	0,15	0,23	0,09	0,10	0,14	0,14	0,08	0,16	0,16	0,12	0,17	0,16	0,15	0,07	0,06	0,20	0,17	0,14	0,21	0,10	0,05	0,21	0,09	0,07	0,18	0,23	0,08
	PC23	0,11	0,07	0,06	0,16	0,05	0,18	0,13	0,23	0,15	0,10	0,35	0,11	0,24	0,05	0,05	0,06	0,24	0,09	0,14	0,12	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,12	0,09	0,09	0,05	0,09	0,10	0,06	0,09	0,21	0,07	0,09	0,16	0,03	0,17	0,11	0,06

	PC24	0,07	0,02	0,14	0,14	0,01	0,09	0,13	0,19	0,08	0,06	0,23	0,06	0,11	0,13	0,09	0,08	0,08	0,07	0,16	0,13	0,11	0,13	0,13	0,10	0,18	0,06	0,12	0,06	0,06	0,10	0,05	0,14	0,14	0,04	0,12	0,08	0,05	0,10	0,10	0,03	0,06	0,14
	PC25	0,12	0,05	0,02	0,19	0,05	0,10	1,28	0,41	1,09	0,29	0,14	0,13	0,14	0,02	0,02	0,09	0,17	0,07	0,07	0,10	0,09	0,06	0,12	0,10	0,08	0,13	0,10	0,13	0,10	0,04	0,18	0,15	0,07	0,18	0,11	0,04	0,18	0,08	0,07	0,17	0,15	0,18
	PC26	0,11	0,10	0,02	0,29	0,08	0,11	0,31	0,16	0,15	0,24	0,13	0,21	0,12	0,04	0,08	0,10	0,22	0,09	0,10	0,11	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12	0,08	0,09	0,15	0,09	0,06	0,10	0,08	0,08	0,17	0,07	0,07	0,09	0,07	0,19	0,12	0,12
	PC27	0,03	0,03	0,02	0,21	0,08	0,09	0,23	0,15	0,11	0,10	0,16	0,07	0,13	0,10	0,04	0,05	0,12	0,07	0,11	0,12	0,09	0,09	0,11	0,09	0,11	0,06	0,08	0,13	0,06	0,08	0,10	0,07	0,10	0,10	0,12	0,06	0,10	0,07	0,06	0,15	0,14	0,09
	MÉDIA	0,09	0,05	0,05	0,19	0,06	0,14	0,40	0,28	0,31	0,21	0,25	0,13	0,15	0,11	0,06	0,09	0,16	0,08	0,12	0,13	0,12	0,10	0,13	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,11	0,11	0,09	0,11	0,13	0,06	0,11	0,10	0,06	0,13	0,13	0,13
	DESVIO	0,03	0,03	0,04	0,06	0,05	0,06	0,38	0,18	0,33	0,15	0,13	0,09	0,04	0,12	0,03	0,03	0,06	0,01	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,02	0,05	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05
PLANO 4	PC1	0,05	0,06	0,06	0,22	0,06	0,06	0,17	0,23	0,18	0,16	0,21	0,12	0,10	0,04	0,06	0,12	0,20	0,04	0,09	0,08	0,09	0,07	0,12	0,09	0,11	0,12	0,10	0,07	0,02	0,14	0,13	0,09	0,03	0,11	0,15	0,05	0,12	0,08	0,05	0,18	0,14	0,22
	PC4	0,06	0,06	0,10	0,16	0,09	0,14	0,08	0,09	0,08	0,03	0,07	0,03	0,13	0,04	0,07	0,13	0,15	0,06	0,07	0,03	0,12	0,08	0,10	0,13	0,12	0,12	0,11	0,13	0,16	0,10	0,24	0,28	0,11	0,25	0,04	0,08	0,25	0,05	0,09	0,15	0,13	0,20
	PC7	0,10	0,04	0,08	0,13	0,08	0,08	0,06	0,03	0,09	0,09	0,16	0,04	0,09	0,08	0,06	0,10	0,17	0,06	0,08	0,16	0,09	0,07	0,16	0,11	0,09	0,07	0,12	0,20	0,14	0,09	0,12	0,14	0,11	0,13	0,13	0,11	0,13	0,19	0,12	0,16	0,22	0,15
	PC10	0,08	0,07	0,07	0,18	0,04	0,08	0,34	0,33	0,26	0,23	0,28	0,16	0,14	0,03	0,07	0,12	0,22	0,04	0,10	0,08	0,12	0,09	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,10	0,04	0,24	0,12	0,15	0,19	0,13	0,06	0,02	0,13	0,03	0,06	0,17	0,13	0,12
	PC13	0,09	0,07	0,07	0,29	0,07	0,09	0,14	0,08	0,10	0,08	0,17	0,05	0,12	0,02	0,05	0,08	0,15	0,08	0,08	0,09	0,01	0,08	0,08	0,02	0,06	0,16	0,04	0,04	0,07	0,37	0,05	0,05	0,10	0,05	0,23	0,02	0,05	0,18	0,07	0,16	0,12	0,25
	PC16	0,09	0,06	0,07	0,23	0,07	0,16	0,07	0,05	0,08	0,22	0,19	0,09	0,15	0,06	0,06	0,11	0,13	0,08	0,10	0,16	0,13	0,09	0,18	0,15	0,11	0,10	0,16	0,12	0,19	0,08	0,16	0,11	0,10	0,17	0,19	0,11	0,16	0,11	0,12	0,16	0,15	0,24
	PC19	0,07	0,05	0,07	0,14	0,02	0,15	0,62	0,48	0,36	0,30	0,31	0,19	0,13	0,40	0,05	0,08	0,15	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,12	0,13	0,13	0,10	0,12	0,12	0,05	0,13	0,07	0,05	0,12	0,13	0,11
	PC22	0,11	0,07	0,06	0,21	0,05	0,14	0,59	0,63	0,53	0,53	0,52	0,33	0,17	0,06	0,06	0,15	0,23	0,09	0,10	0,14	0,14	0,08	0,16	0,16	0,12	0,17	0,16	0,15	0,07	0,06	0,20	0,17	0,14	0,21	0,10	0,05	0,21	0,09	0,07	0,18	0,23	0,08
	PC25	0,12	0,05	0,02	0,19	0,05	0,10	1,28	0,41	1,09	0,29	0,14	0,13	0,14	0,02	0,02	0,09	0,17	0,07	0,07	0,10	0,09	0,06	0,12	0,10	0,08	0,13	0,10	0,13	0,10	0,04	0,18	0,15	0,07	0,18	0,11	0,04	0,18	0,08	0,07	0,17	0,15	0,18
	MÉDIA	0,09	0,06	0,07	0,19	0,06	0,11	0,37	0,26	0,31	0,21	0,23	0,13	0,13	0,08	0,06	0,11	0,17	0,06	0,08	0,10	0,10	0,08	0,13	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,14	0,15	0,14	0,11	0,15	0,13	0,06	0,15	0,10	0,08	0,16	0,16	0,17
	DESVIO	0,02	0,01	0,02	0,05	0,02	0,04	0,40	0,22	0,33	0,15	0,13	0,09	0,02	0,12	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,01	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,10	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,03	0,06	0,05	0,03	0,02	0,04	0,06
PLANO 5	PC2	0,05	0,16	0,04	0,47	0,07	0,24	0,25	0,19	0,24	0,16	0,20	0,12	0,06	0,04	0,03	0,14	0,17	0,04	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,09	0,11	0,20	0,09	0,13	0,21	0,07	0,14	0,11	0,03	0,14	0,16	0,12	0,14	0,09	0,14	0,39	0,05	0,38
	PC5	0,06	0,07	0,06	0,51	0,06	0,10	0,09	0,11	0,05	0,02	0,20	0,05	0,07	0,06	0,06	0,09	0,13	0,03	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,20	0,11	0,08	0,07	0,11	0,11	0,06	0,11	0,15	0,07	0,65	0,07	0,09
	PC8	0,06	0,05	0,10	0,26	0,13	0,11	0,05	0,12	0,11	0,08	0,21	0,08	0,15	0,11	0,13	0,57	0,21	0,07	0,09	0,12	0,11	0,08	0,11	0,10	0,10	0,70	0,10	0,12	0,09	0,14	0,13	0,12	0,12	0,15	0,09	0,09	0,13	0,02	0,11	0,41	0,19	0,06
	PC11	0,39	0,10	0,08	0,37	0,09	0,27	0,18	0,22	0,18	0,15	0,26	0,10	0,18	0,05	0,18	0,10	0,13	0,02	0,11	0,11	0,13	0,10	0,13	0,12	0,13	0,09	0,11	0,19	0,08	0,02	0,36	0,13	0,18	0,35	0,34	0,26	0,36	0,17	0,12	0,08	0,13	0,12
	PC14	0,53	0,19	0,24	0,60	0,21	0,41	0,08	0,08	0,10	0,07	0,08	0,05	0,41	0,06	0,41	0,14	0,11	0,05	0,04	0,06	0,06	0,03	0,03	0,02	0,05	0,06	0,05	0,21	0,07	0,12	0,32	0,11	0,13	0,31	0,30	0,15	0,32	0,10	0,10	0,14	0,11	0,09
	PC17	0,29	0,55	0,32	0,77	0,74	0,65	0,18	0,19	0,12	0,11	0,18	0,05	1,08	0,12	0,80	0,13	0,17	0,12	0,10	0,11	0,13	0,09	0,12	0,12	0,12	0,20	0,12	0,12	0,12	0,08	0,18	0,08	0,13	0,18	0,18	0,04	0,18	0,05	0,06	0,70	0,12	0,05
	PC20	0,09	0,03	0,02	0,27	0,03	0,28	0,17	0,18	0,16	0,14	0,17	0,06	0,12	0,05	0,11	0,09	0,13	0,10	0,10	0,18	0,12	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,08	0,10	0,03	0,08	0,08	0,04	0,06	0,08	0,18	0,09	0,08	0,13	0,07	0,08	0,15	0,17
	PC23	0,11	0,07	0,06	0,16	0,05	0,18	0,13	0,23	0,15	0,10	0,35	0,11	0,24	0,05	0,05	0,06	0,24	0,09	0,14	0,12	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,12	0,09	0,09	0,05	0,09	0,10	0,06	0,09	0,21	0,07	0,09	0,16	0,03	0,17	0,11	0,06
	PC26	0,11	0,10	0,02	0,29	0,08	0,11	0,31	0,16	0,15	0,24	0,13	0,21	0,12	0,04	0,08	0,10	0,22	0,09	0,10	0,11	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12	0,08	0,09	0,15	0,09	0,06	0,10	0,08	0,08	0,17	0,07	0,07	0,09	0,07	0,19	0,12	0,12
	MÉDIA	0,19	0,15	0,10	0,41	0,16	0,26	0,16	0,16	0,14	0,12	0,20	0,09	0,27	0,06	0,21	0,16	0,17	0,07	0,10	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11	0,19	0,09	0,13	0,10	0,09	0,16	0,10	0,10	0,17	0,19	0,11	0,16	0,11	0,09	0,31	0,12	0,13
	DESVIO	0,17	0,16	0,10	0,19	0,22	0,18	0,08	0,05	0,05	0,06	0,08	0,05	0,32	0,03	0,25	0,16	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,02	0,05	0,05	0,05	0,11	0,03	0,05	0,10	0,08	0,07	0,11	0,05	0,03	0,24	0,04	0,10
PLANO 6	PC3	0,09	0,08	0,08	0,17	0,15	0,08	0,12	0,28	0,12	0,08	0,16	0,02	0,04	0,08	0,08	0,17	0,14	0,25	0,24	0,17	0,15	0,23	0,19	0,14	0,28	0,15	0,20	0,07	0,29	0,08	0,13	0,12	0,10	0,12	0,09	0,06	0,13	0,11	0,08	0,20	0,16	0,37
	PC6	0,07	0,06	0,05	0,16	0,10	0,08	0,16	0,15	0,11	0,09	0,20	0,05	0,08	0,04	0,05	0,27	0,18	0,17	0,22	0,12	0,09	0,23	0,12	0,11	0,24	0,12	0,13	0,05	0,10	0,06	0,09	0,14	0,15	0,09	0,13	0,15	0,09	0,08	0,13	0,14	0,44	0,04
	PC9	0,06	0,02	0,06	0,09	0,07	0,09	0,25	0,27	0,17	0,13	0,18	0,10	0,10	0,02	0,08	0,07	0,20	0,07	0,11	0,09	0,08	0,13	0,09	0,08	0,11	0,10	0,08	0,11	0,06	0,13	0,12	0,11	0,23	0,13	0,05	0,26	0,13	0,10	0,24	0,20	0,09	0,08
	PC12	0,07	0,18	0,05	0,24	0,12	0,12	0,05	0,14	0,27	0,04	0,18	0,07	0,10	0,13	0,09	0,17	0,03	0,16	0,11	0,10	0,09	0,10	0,07	0,07	0,12	0,05	0,08	0,12	0,17	0,12	0,10	0,14	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,27	0,10	0,07	0,05	0,04
	PC15	0,03	0,07	0,08	0,10	0,07	0,09	0,20	0,11	0,13	0,10	0,04	0,07	0,14	0,05	0,02	0,22	0,17	0,09	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,09	0,05	0,30	0,14	0,08	0,11	0,08	0,05	0,11	0,11	0,06	0,11	0,26	0,02	0,10	0,21	0,07
	PC18	0,07	0,06	0,05	0,08	0,10	0,10	0,28	0,26	0,17	0,15	0,21	0,11	0,07	0,10	0,08	0,09	0,20	0,09	0,13	0,12	0,09	0,10	0,12	0,10	0,14	0,10	0,10	0,13	0,05	0,10	0,13	0,10	0,14	0,13	0,12	0,10	0,13	0,14	0,11	0,20	0,30	0,07
	PC21	0,07	0,02	0,02	0,11	0,18	0,08	0,18	0,13	0,13	0,11	0,23	0,04	0,15	0,11	0,05	0,09	0,09	0,07	0,20	0,20	0,16	0,20	0,20	0,15	0,19	0,12	0,21	0,12	0,09	0,11	0,11	0,10	0,08	0,11	0,08	0,05	0,11	0,14	0,05	0,10	0,06	0,19
	PC24	0,07	0,02	0,14	0,14	0,01	0,09	0,13	0,19	0,08	0,06	0,23	0,06	0,11	0,13	0,09	0,08	0,08	0,07	0,16	0,13	0,11	0,13	0,13	0,10	0,18	0,06	0,12	0,06	0,06	0,10	0,05	0,14	0,14	0,04	0,12	0,08	0,05	0,10	0,10	0,03	0,06	0,14
	PC27	0,03	0,03	0,02	0,21	0,08	0,09	0,23	0,15	0,11	0,10	0,16	0,07	0,13	0,10	0,04	0,05	0,12	0,07	0,11	0,12	0,09	0,09	0,11	0,09	0,11	0,06	0,08	0,13	0,06	0,08	0,10	0,07	0,10	0,10	0,12	0,06	0,10	0,07	0,06	0,15	0,14	0,09
	MÉDIA	0,06	0,06	0,06	0,14	0,10	0,09	0,18	0,19	0,14	0,10	0,18	0,07	0,10	0,08	0,06	0,13	0,13	0,12	0,14	0,12	0,10	0,14	0,12	0,10	0,16	0,09	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,14	0,10	0,13	0,17	0,12
	DESVIO	0,02	0,05	0,04	0,06	0,05	0,01	0,07	0,07	0,06	0,03	0,06	0,03	0,04	0,04	0,03	0,08	0,06	0,06	0,07	0,05	0,04	0,07	0,05	0,04	0,08	0,03	0,06	0,07	0,08	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,07	0,03	0,07	0,06	0,06	0,13	0,10

		VELOCIDADE DO AR (m/s)																								
		7b			7c			7d			8a			BASE			9a			9b			9c			9d		
		180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135	180	225	135
PLANO 1	PC1	0,07	0,06	0,15	0,16	0,13	0,16	0,03	0,06	0,03	0,31	0,18	0,10	0,52	0,06	0,38	0,12	0,19	0,11	0,13	0,05	0,07	0,10	0,05	0,08	0,04	0,11	0,10
	PC2	0,09	0,10	0,20	0,11	0,12	0,11	0,03	0,07	0,06	0,42	0,15	0,13	0,21	0,13	0,33	0,24	0,27	0,10	0,22	0,18	0,09	0,07	0,13	0,05	0,08	0,09	0,06
	PC3	0,08	0,17	0,17	0,16	0,07	0,03	0,06	0,06	0,11	0,40	0,15	0,07	0,27	0,15	0,17	0,26	0,11	0,30	0,09	0,14	0,14	0,05	0,13	0,12	0,07	0,07	0,08
	PC4	0,07	0,11	0,07	0,14	0,08	0,17	0,04	0,03	0,05	0,27	0,13	0,12	0,12	0,10	0,32	0,11	0,25	0,16	0,17	0,13	0,12	0,10	0,12	0,05	0,09	0,08	0,11
	PC5	0,05	0,09	0,07	0,23	0,04	0,08	0,05	0,09	0,06	0,06	0,09	0,01	0,29	0,26	0,07	0,09	0,07	0,11	0,15	0,11	0,09	0,05	0,02	0,03	0,05	0,05	0,04
	PC6	0,12	0,08	0,07	0,12	0,14	0,03	0,06	0,09	0,09	0,15	0,16	0,09	0,30	0,05	0,28	0,11	0,09	0,28	0,07	0,13	0,19	0,07	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06
	PC7	0,07	0,08	0,11	0,09	0,09	0,14	0,06	0,07	0,06	0,36	0,23	0,07	0,25	0,07	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,42	0,08	0,16	0,05	0,03	0,06	0,05	0,08
	PC8	0,16	0,13	0,10	0,60	0,12	0,12	0,08	0,02	0,05	0,21	0,14	0,08	0,25	0,19	0,22	0,11	0,12	0,36	0,23	0,26	0,19	0,13	0,06	0,07	0,10	0,08	0,10
	PC9	0,07	0,18	0,06	0,11	0,29	0,05	0,07	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,21	0,07	0,15	0,04	0,22	0,20	0,42	0,07	0,13	0,07	0,09	0,05	0,07	0,05	0,06
	MÉDIA	0,09	0,11	0,11	0,19	0,12	0,10	0,05	0,06	0,06	0,25	0,15	0,08	0,27	0,12	0,23	0,14	0,16	0,19	0,18	0,17	0,12	0,09	0,08	0,06	0,07	0,07	0,08
	DESVIO	0,03	0,04	0,05	0,16	0,07	0,05	0,02	0,02	0,02	0,13	0,04	0,04	0,11	0,07	0,10	0,07	0,07	0,10	0,10	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
PLANO 2	PC10	0,07	0,13	0,11	0,19	0,13	0,08	0,04	0,06	0,06	0,28	0,22	0,10	0,51	0,08	0,38	0,19	0,17	0,11	0,12	0,09	0,07	0,12	0,04	0,08	0,06	0,10	0,12
	PC11	0,15	0,11	0,08	0,16	0,10	0,12	0,17	0,06	0,14	0,24	0,25	0,10	0,35	0,07	0,20	0,25	0,24	0,08	0,25	0,17	0,05	0,13	0,13	0,07	0,10	0,12	0,07
	PC12	0,08	0,02	0,06	0,08	0,09	0,11	0,05	0,09	0,13	0,14	0,21	0,04	0,40	0,86	0,18	0,38	0,11	0,40	0,17	0,12	0,17	0,10	0,06	0,08	0,13	0,07	0,18
	PC13	0,06	0,09	0,19	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,31	0,10	0,08	0,61	0,15	0,71	0,42	0,30	0,17	0,15	0,20	0,12	0,12	0,13	0,04	0,19	0,19	0,04
	PC14	0,34	0,05	0,10	0,05	0,11	0,07	0,29	0,07	0,04	0,04	0,13	0,01	0,55	0,54	0,12	0,50	0,11	0,11	0,24	0,05	0,10	0,06	0,08	0,06	0,19	0,11	0,04
	PC15	0,03	0,24	0,13	0,12	0,07	0,14	0,04	0,04	0,08	0,23	0,19	0,09	0,24	0,10	0,35	0,41	0,13	0,37	0,09	0,15	0,13	0,07	0,08	0,07	0,13	0,05	0,23
	PC16	0,07	0,09	0,29	0,02	0,08	0,13	0,04	0,04	0,38	0,23	0,62	0,18	0,40	0,14	0,35	0,39	0,31	0,04	0,13	0,18	0,10	0,16	0,19	0,08	0,06	0,07	0,09
	PC17	0,33	0,11	0,18	0,68	0,14	0,09	0,29	0,05	0,04	0,18	0,10	0,07	0,23	1,95	0,19	0,37	0,29	0,34	0,18	0,13	0,20	0,29	0,21	0,21	0,06	0,09	0,02
	PC18	0,05	0,19	0,08	0,17	0,34	0,09	0,05	0,46	0,07	0,10	0,12	0,06	0,24	0,08	0,22	0,36	0,07	0,33	0,25	0,11	0,43	0,26	0,11	0,34	0,07	0,07	0,04
	MÉDIA	0,13	0,11	0,14	0,17	0,12	0,10	0,11	0,10	0,11	0,19	0,22	0,08	0,39	0,44	0,30	0,36	0,19	0,22	0,18	0,13	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09
	DESVIO	0,12	0,07	0,07	0,20	0,09	0,03	0,11	0,14	0,11	0,09	0,16	0,05	0,14	0,63	0,18	0,09	0,09	0,14	0,06	0,05	0,11	0,08	0,06	0,10	0,05	0,04	0,07
PLANO 3	PC19	0,05	0,04	0,16	0,14	0,13	0,04	0,02	0,03	0,10	0,21	0,17	0,10	0,38	0,16	0,27	0,11	0,16	0,16	0,12	0,05	0,07	0,12	0,03	0,07	0,08	0,08	0,09
	PC20	0,18	0,06	0,20	0,13	0,16	0,15	0,05	0,06	0,10	0,31	0,28	0,15	0,17	0,16	0,28	0,17	0,24	0,17	0,16	0,16	0,10	0,17	0,07	0,07	0,10	0,09	0,12
	PC21	0,08	0,08	0,12	0,02	0,10	0,14	0,08	0,12	0,06	0,22	0,18	0,12	0,22	0,47	0,20	0,21	0,23	0,23	0,14	0,14	0,15	0,17	0,09	0,15	0,15	0,07	0,02
	PC22	0,07	0,07	0,16	0,17	0,19	0,04	0,03	0,06	0,07	0,27	0,05	0,07	0,15	0,18	0,43	0,24	0,13	0,06	0,08	0,10	0,04	0,06	0,04	0,03	0,07	0,08	0,09
	PC23	0,28	0,08	0,17	0,21	0,11	0,09	0,05	0,04	0,06	0,02	0,09	0,07	0,38	0,09	0,13	0,09	0,20	0,06	0,20	0,11	0,07	0,28	0,14	0,12	0,06	0,09	0,18
	PC24	0,06	0,10	0,17	0,08	0,17	0,08	0,05	0,18	0,04	0,21	0,19	0,06	0,14	0,28	0,07	0,06	0,09	0,22	0,04	0,10	0,17	0,09	0,05	0,16	0,14	0,06	0,12
	PC25	0,05	0,08	0,11	0,09	0,11	0,08	0,05	0,04	0,10	0,32	0,13	0,08	0,22	0,11	0,11	0,22	0,13	0,06	0,13	0,13	0,10	0,10	0,07	0,04	0,08	0,06	0,04
	PC26	0,05	0,18	0,08	0,18	0,17	0,11	0,04	0,04	0,08	0,23	0,16	0,07	0,28	0,50	0,24	0,12	0,08	0,10	0,22	0,08	0,15	0,08	0,04	0,08	0,05	0,02	0,03
	PC27	0,06	0,17	0,11	0,13	0,13	0,12	0,07	0,11	0,05	0,20	0,16	0,06	0,25	0,20	0,18	0,07	0,05	0,15	0,06	0,07	0,10	0,21	0,09	0,07	0,07	0,12	0,05
	MÉDIA	0,10	0,10	0,14	0,13	0,14	0,09	0,05	0,08	0,07	0,22	0,16	0,09	0,24	0,24	0,21	0,14	0,15	0,13	0,13	0,10	0,11	0,14	0,07	0,09	0,09	0,07	0,08
	DESVIO	0,08	0,05	0,04	0,06	0,03	0,04	0,02	0,05	0,02	0,09	0,06	0,03	0,09	0,15	0,11	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,07	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05
PLANO 4	PC1	0,07	0,06	0,15	0,16	0,13	0,16	0,03	0,06	0,03	0,31	0,18	0,10	0,52	0,06	0,38	0,12	0,19	0,11	0,13	0,05	0,07	0,10	0,05	0,08	0,04	0,11	0,10
	PC4	0,07	0,11	0,07	0,14	0,08	0,17	0,04	0,03	0,05	0,27	0,13	0,12	0,12	0,10	0,32	0,11	0,25	0,16	0,17	0,13	0,12	0,10	0,12	0,05	0,09	0,08	0,11
	PC7	0,07	0,08	0,11	0,09	0,09	0,14	0,06	0,07	0,06	0,36	0,23	0,07	0,25	0,07	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,42	0,08	0,16	0,05	0,03	0,06	0,05	0,08
	PC10	0,07	0,13	0,11	0,19	0,13	0,08	0,04	0,06	0,06	0,28	0,22	0,10	0,51	0,08	0,38	0,19	0,17	0,11	0,12	0,09	0,07	0,12	0,04	0,08	0,06	0,10	0,12
	PC13	0,06	0,09	0,19	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,31	0,10	0,08	0,61	0,15	0,71	0,42	0,30	0,17	0,15	0,20	0,12	0,12	0,13	0,04	0,19	0,19	0,04
	PC16	0,07	0,09	0,29	0,02	0,08	0,13	0,04	0,04	0,38	0,23	0,62	0,18	0,40	0,14	0,35	0,39	0,31	0,04	0,13	0,18	0,10	0,16	0,19	0,08	0,06	0,07	0,09
	PC19	0,05	0,04	0,16	0,14	0,13	0,04	0,02	0,03	0,10	0,21	0,17	0,10	0,38	0,16	0,27	0,11	0,16	0,16	0,12	0,05	0,07	0,12	0,03	0,07	0,08	0,08	0,09

	PC22	0,07	0,07	0,16	0,17	0,19	0,04	0,03	0,06	0,07	0,27	0,05	0,07	0,15	0,18	0,43	0,24	0,13	0,06	0,08	0,10	0,04	0,06	0,04	0,03	0,07	0,08	0,09
	PC25	0,05	0,08	0,11	0,09	0,11	0,08	0,05	0,04	0,10	0,32	0,13	0,08	0,22	0,11	0,11	0,22	0,13	0,06	0,13	0,13	0,10	0,10	0,07	0,04	0,08	0,06	0,04
	MÉDIA	0,06	0,08	0,15	0,12	0,11	0,10	0,04	0,05	0,10	0,28	0,20	0,10	0,35	0,12	0,34	0,22	0,20	0,11	0,13	0,15	0,09	0,12	0,08	0,06	0,08	0,09	0,08
	DESVIO	0,01	0,03	0,06	0,05	0,04	0,05	0,01	0,01	0,11	0,05	0,17	0,03	0,18	0,04	0,18	0,12	0,07	0,05	0,02	0,11	0,03	0,03	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03
PLANO 5	PC2	0,09	0,10	0,20	0,11	0,12	0,11	0,03	0,07	0,06	0,42	0,15	0,13	0,21	0,13	0,33	0,24	0,27	0,10	0,22	0,18	0,09	0,07	0,13	0,05	0,08	0,09	0,06
	PC5	0,05	0,09	0,07	0,23	0,04	0,08	0,05	0,09	0,06	0,06	0,09	0,01	0,29	0,26	0,07	0,09	0,07	0,11	0,15	0,11	0,09	0,05	0,02	0,03	0,05	0,05	0,04
	PC8	0,16	0,13	0,10	0,60	0,12	0,12	0,08	0,02	0,05	0,21	0,14	0,08	0,25	0,19	0,22	0,11	0,12	0,36	0,23	0,26	0,19	0,13	0,06	0,07	0,10	0,08	0,10
	PC11	0,15	0,11	0,08	0,16	0,10	0,12	0,17	0,06	0,14	0,24	0,25	0,10	0,35	0,07	0,20	0,25	0,24	0,08	0,25	0,17	0,05	0,13	0,13	0,07	0,10	0,12	0,07
	PC14	0,34	0,05	0,10	0,05	0,11	0,07	0,29	0,07	0,04	0,04	0,13	0,01	0,55	0,54	0,12	0,50	0,11	0,11	0,24	0,05	0,10	0,06	0,08	0,06	0,19	0,11	0,04
	PC17	0,33	0,11	0,18	0,68	0,14	0,09	0,29	0,05	0,04	0,18	0,10	0,07	0,23	1,95	0,19	0,37	0,29	0,34	0,18	0,13	0,20	0,29	0,21	0,21	0,06	0,09	0,02
	PC20	0,18	0,06	0,20	0,13	0,16	0,15	0,05	0,06	0,10	0,31	0,28	0,15	0,17	0,16	0,28	0,17	0,24	0,17	0,16	0,16	0,10	0,17	0,07	0,07	0,10	0,09	0,12
	PC23	0,28	0,08	0,17	0,21	0,11	0,09	0,05	0,04	0,06	0,02	0,09	0,07	0,38	0,09	0,13	0,09	0,20	0,06	0,20	0,11	0,07	0,28	0,14	0,12	0,06	0,09	0,18
	PC26	0,05	0,18	0,08	0,18	0,17	0,11	0,04	0,04	0,08	0,23	0,16	0,07	0,28	0,50	0,24	0,12	0,08	0,10	0,22	0,08	0,15	0,08	0,04	0,08	0,05	0,02	0,03
	MÉDIA	0,18	0,10	0,13	0,26	0,12	0,10	0,12	0,06	0,07	0,19	0,15	0,08	0,30	0,43	0,20	0,22	0,18	0,16	0,21	0,14	0,12	0,14	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07
	DESVIO	0,11	0,04	0,06	0,22	0,04	0,02	0,11	0,02	0,03	0,13	0,07	0,05	0,11	0,59	0,08	0,14	0,09	0,11	0,04	0,06	0,05	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,05
PLANO 6	PC3	0,08	0,17	0,17	0,16	0,07	0,03	0,06	0,06	0,11	0,40	0,15	0,07	0,27	0,15	0,17	0,26	0,11	0,30	0,09	0,14	0,14	0,05	0,13	0,12	0,07	0,07	0,08
	PC6	0,12	0,08	0,07	0,12	0,14	0,03	0,06	0,09	0,09	0,15	0,16	0,09	0,30	0,05	0,28	0,11	0,09	0,28	0,07	0,13	0,19	0,07	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06
	PC9	0,07	0,18	0,06	0,11	0,29	0,05	0,07	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,21	0,07	0,15	0,04	0,22	0,20	0,42	0,07	0,13	0,07	0,09	0,05	0,07	0,05	0,06
	PC12	0,08	0,02	0,06	0,08	0,09	0,11	0,05	0,09	0,13	0,14	0,21	0,04	0,40	0,86	0,18	0,38	0,11	0,40	0,17	0,12	0,17	0,10	0,06	0,08	0,13	0,07	0,18
	PC15	0,03	0,24	0,13	0,12	0,07	0,14	0,04	0,04	0,08	0,23	0,19	0,09	0,24	0,10	0,35	0,41	0,13	0,37	0,09	0,15	0,13	0,07	0,08	0,07	0,13	0,05	0,23
	PC18	0,05	0,19	0,08	0,17	0,34	0,09	0,05	0,46	0,07	0,10	0,12	0,06	0,24	0,08	0,22	0,36	0,07	0,33	0,25	0,11	0,43	0,26	0,11	0,34	0,07	0,07	0,04
	PC21	0,08	0,08	0,12	0,02	0,10	0,14	0,08	0,12	0,06	0,22	0,18	0,12	0,22	0,47	0,20	0,21	0,23	0,23	0,14	0,14	0,15	0,17	0,09	0,15	0,15	0,07	0,02
	PC24	0,06	0,10	0,17	0,08	0,17	0,08	0,05	0,18	0,04	0,21	0,19	0,06	0,14	0,28	0,07	0,06	0,09	0,22	0,04	0,10	0,17	0,09	0,05	0,16	0,14	0,06	0,12
	PC27	0,06	0,17	0,11	0,13	0,13	0,12	0,07	0,11	0,05	0,20	0,16	0,06	0,25	0,20	0,18	0,07	0,05	0,15	0,06	0,07	0,10	0,21	0,09	0,07	0,07	0,12	0,05
	MÉDIA	0,07	0,14	0,11	0,11	0,16	0,09	0,06	0,14	0,08	0,19	0,16	0,07	0,25	0,25	0,20	0,21	0,12	0,28	0,15	0,11	0,18	0,12	0,09	0,12	0,10	0,07	0,09
	DESVIO	0,03	0,07	0,04	0,05	0,10	0,04	0,01	0,13	0,03	0,09	0,03	0,02	0,07	0,26	0,08	0,15	0,06	0,08	0,12	0,03	0,10	0,07	0,03	0,09	0,04	0,02	0,07

APÊNDICE 2

Tabelas com as velocidades nos pontos de controle localizados na abertura do modelo e os cálculos de vazão a partir das metodologias avaliadas

COMPONENTE	VELOCIDADE NOS PONTOS DE CONTROLE AVALIADOS (m/s)									DADOS DE ENTRADA				NORMA BRITÂNICA				ASHRAE			
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	VEL. MÉDIA	ÁREA ABERTURA	ÁREA SAÍDA	VOLUME	A_J	CP	Q	N	FR	CV	Q	N
BASE 180	1,4	1,44	1,52							1,45	0,6	1,68	24,3	0,5650	1,2	0,53974702	80	1,35	0,81	0,70632	105
BASE 225	1,67	1,59	1,75							1,67	0,6	1,68	24,3	0,5650	0,9235	0,54408822	81	1,35	0,4725	0,473445	70
BASE 135	0,26	0,18	1,34							0,59	0,6	1,68	24,3	0,5650	0,9235	0,19330879	29	1,35	0,4725	0,16821	25
1a180	1,12	1,57	1,01							1,23	1,28	1,68	24,3	1,0182	1,2	0,82534442	122	1	0,6	0,9472	140
1a225	1,21	1,41	1,49							1,37	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,80427236	119	1	0,35	0,61376	91
1a135	0,82	0,7	0,58							0,70	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,41094208	61	1	0,35	0,3136	46
1b180	0,88	0,86	0,8							0,85	1,28	1,68	24,3	1,0182	1,2	0,56658779	84	1	0,6	0,65024	96
1b225	0,93	0,98	0,98							0,96	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,56553458	84	1	0,35	0,431573	64
1b135	0,66	0,59	0,57							0,61	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,3561498	53	1	0,35	0,271787	40
1c180	1,35	1,13	0,84							1,11	1,28	1,68	24,3	1,0182	1,2	0,74057932	110	1	0,6	0,84992	126
1c225	1,42	1,49	1,47							1,46	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,85710777	127	1	0,35	0,65408	97
1c135	0,2	0,18	0,17							0,18	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,10762769	16	1	0,35	0,082133	12
1d180	0,9	0,59	0,47							0,65	1,28	1,68	24,3	1,0182	1,2	0,43720948	65	1	0,6	0,50176	74
1d225	0,89	0,78	0,76							0,81	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,47551869	70	1	0,35	0,36288	54
1d135	0,28	0,23	0,26							0,26	1,28	1,68	24,3	1,0182	0,9235	0,15067876	22	1	0,35	0,114987	17
1e 180	1,27	1,27	1,14							1,23	0,81	1,68	24,3	0,7296	1,2	0,5882565	87	1,27	0,762	0,757123	112
1e 225	1,58	1,7	1,7							1,66	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,69835474	103	1,27	0,4445	0,597675	89
1e 135	1,24	1,05	0,75							1,01	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,4263049	63	1,27	0,4445	0,364846	54
1f 180	1,05	1,07	1,02							1,05	0,81	1,68	24,3	0,7296	1,2	0,50193625	74	1,27	0,762	0,646024	96
1f 225	1,11	1,24	1,2							1,18	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,49782316	74	1,27	0,4445	0,426053	63
1f 135	0,73	0,68	0,61							0,67	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,28326839	42	1,27	0,4445	0,24243	36
1g 180	1,46	1,45	1,45							1,45	0,81	1,68	24,3	0,7296	1,2	0,69695607	103	1,27	0,762	0,897026	133
1g 225	1,57	1,57	1,66							1,60	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,673113	100	1,27	0,4445	0,576072	85
1g 135	0,79	0,67	0,54							0,67	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,28046375	42	1,27	0,4445	0,24003	36
1h 180	1,24	1,06	0,87							1,06	0,81	1,68	24,3	0,7296	1,2	0,50673182	75	1,27	0,762	0,652196	97
1h 225	1,3	1,3	1,24							1,28	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,5384904	80	1,27	0,4445	0,460858	68
1h 135	0,47	0,34	0,39							0,40	0,81	1,68	24,3	0,7296	0,9235	0,16827825	25	1,27	0,4445	0,144018	21
1i 180	1,36	1,26	1,16							1,26	0,432	1,68	24,3	0,4184	1,2	0,34649153	51	1,38	0,828	0,450697	67
1i 225	1,26	1,2	1,26							1,24	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,299138	44	1,38	0,483	0,258733	38
1i 135	1,19	1,06	1,03							1,09	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,26375609	39	1,38	0,483	0,228131	34
1j 180	1,28	1,25	1,21							1,25	0,432	1,68	24,3	0,4184	1,2	0,34282495	51	1,38	0,828	0,445928	66
1j 225	1,34	1,34	1,3							1,33	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,3200455	47	1,38	0,483	0,276817	41
1j 135	0,92	0,82	0,77							0,84	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,20183774	30	1,38	0,483	0,174576	26
1k 180	1,5	1,54	1,5							1,51	0,432	1,68	24,3	0,4184	1,2	0,41615649	62	1,38	0,828	0,541313	80
1k 225	1,71	1,7	1,77							1,73	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,41654163	62	1,38	0,483	0,360279	53
1k 135	1,28	1,43	1,24							1,32	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,31763309	47	1,38	0,483	0,27473	41
1l 180	1,4	1,42	1,29							1,37	0,432	1,68	24,3	0,4184	1,2	0,37674079	56	1,38	0,828	0,490044	73
1l 225	1,46	1,43	1,43							1,44	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,34738607	51	1,38	0,483	0,300465	45
1l 135	1,2	1,15	1,05							1,13	0,432	1,68	24,3	0,4184	0,9235	0,2734057	41	1,38	0,483	0,236477	35
1m 180	1,53	1,57	1,29							1,46	0,756	1,68	24,3	0,6894	1,2	0,66307765	98	1,27	0,762	0,842985	125
1m 225	1,67	1,49	1,83							1,66	0,756	1,68	24,3	0,6894	0,9235	0,661193	98	1,27	0,4445	0,55895	83
1m 135	1,37	1,33	1,4							1,37	0,756	1,68	24,3	0,6894	0,9235	0,54326479	80	1,27	0,4445	0,459257	68
1n 180	1,35	1,23	1,17							1,25	1,4175	1,68	24,3	1,0834	1,2	0,89009011	132	1	0,6	1,063125	158
1n 225	1,47	1,56	1,62							1,55	1,4175	1,68	24,3	1,0834	0,9235	0,96824104	143	1	0,35	0,768994	114
1n 135	0,21	0,98	0,63							0,61	1,4175	1,68	24,3	1,0834	0,9235	0,37896746	56	1	0,35	0,300983	45

2a180	1,02	1,03	1,03							1,03	0,03395	1,68	24,3	0,0339	1,2	0,02290459	3	1,4	0,84	0,029278	4
2a225	0,93	1,02	1,11							1,02	0,03395	1,68	24,3	0,0339	0,9235	0,01996278	3	1,4	0,49	0,016968	3
2a135	1,05	0,96	0,87							0,96	0,03395	1,68	24,3	0,0339	0,9235	0,0187885	3	1,4	0,49	0,01597	2
2b180	1,1	1,1	1,1							1,10	0,0679	1,68	24,3	0,0678	1,2	0,04905123	7	1,4	0,84	0,06274	9
2b225	0,72	0,99	1,22							0,98	0,0679	1,68	24,3	0,0678	0,9235	0,03820599	6	1,4	0,49	0,032495	5
2b135	1,13	0,92	0,67							0,91	0,0679	1,68	24,3	0,0678	0,9235	0,03546767	5	1,4	0,49	0,030166	4
2c180	1,03	1,02	1,01							1,02	0,1358	1,68	24,3	0,1354	1,2	0,09074602	13	1,4	0,84	0,116353	17
2c225	0,26	0,51	0,69							0,49	0,1358	1,68	24,3	0,1354	0,9235	0,03798279	6	1,4	0,49	0,032384	5
2c135	0,55	0,37	0,14							0,35	0,1358	1,68	24,3	0,1354	0,9235	0,02757654	4	1,4	0,49	0,023512	3
3a180	0,74	0,77	0,71							0,74	0,225	1,68	24,3	0,2230	1,2	0,10846652	16	1,4	0,84	0,13986	21
3a225	0,2	0,55	0,71							0,49	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,06257825	9	1,4	0,49	0,053655	8
3a135	0,63	0,47	0,16							0,42	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,05400589	8	1,4	0,49	0,046305	7
3b180	0,16	0,88	0,2							0,41	0,225	1,68	24,3	0,2230	1,2	0,0605849	9	1,4	0,84	0,07812	12
3b225	0,1	0,4	0,2							0,23	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,03000327	4	1,4	0,49	0,025725	4
3b135	0,12	0,29	0,13							0,18	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,02314538	3	1,4	0,49	0,019845	3
3c180	0,73	0,77	0,71							0,74	0,225	1,68	24,3	0,2230	1,2	0,10797793	16	1,4	0,84	0,13923	21
3c225	0,24	0,58	0,7							0,51	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,06514996	10	1,4	0,49	0,05586	8
3c135	0,6	0,42	0,14							0,39	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,0497197	7	1,4	0,49	0,04263	6
3d180	0,61	0,66	0,59							0,62	0,225	1,68	24,3	0,2230	1,2	0,09087735	13	1,4	0,84	0,11718	17
3d225	0,37	0,54	0,55							0,49	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,06257825	9	1,4	0,49	0,053655	8
3d135	0,52	0,46	0,21							0,40	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,05100556	8	1,4	0,49	0,043733	6
3e 180	0,17	0,85	0,21							0,41	0,225	1,68	24,3	0,2230	1,2	0,06009631	9	1,4	0,84	0,07749	11
3e 225	0,11	0,39	0,19							0,23	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,02957465	4	1,4	0,49	0,025358	4
3e 135	0,11	0,29	0,12							0,17	0,225	1,68	24,3	0,2230	0,9235	0,02228814	3	1,4	0,49	0,01911	3
4a180	1,57	1,65	1,66	1,54						1,61	0,0784	1,68	24,3	0,0783	1,2	0,08261532	12	1,4	0,84	0,105699	16
4a225	0,35	0,63	0,66	0,63						0,57	0,0784	1,68	24,3	0,0783	0,9235	0,02562591	4	1,4	0,49	0,021801	3
4a135	0,46	0,5	0,6	0,55						0,53	0,0784	1,68	24,3	0,0783	0,9235	0,02381968	4	1,4	0,49	0,020264	3
4b180	1,66	1,67	1,65	1,63						1,65	0,16	1,68	24,3	0,1593	1,2	0,17299861	26	1,4	0,84	0,222096	33
4b225	0,6	0,69	0,7	0,7						0,67	0,16	1,68	24,3	0,1593	0,9235	0,06176199	9	1,4	0,49	0,052724	8
4b135	0,61	0,52	0,54	0,54						0,55	0,16	1,68	24,3	0,1593	0,9235	0,05074126	8	1,4	0,49	0,043316	6
4c180	1,58	1,56	1,66	1,64	1,67	1,66				1,63	0,1014	1,68	24,3	0,1012	1,2	0,1083262	16	1,4	0,84	0,138695	21
4c225	0,54	0,46	0,63	0,6	0,67	0,54				0,57	0,1014	1,68	24,3	0,1012	0,9235	0,03345994	5	1,4	0,49	0,028487	4
4c135	0,42	0,37	0,36	0,55	0,44	0,47				0,44	0,1014	1,68	24,3	0,1012	0,9235	0,02538676	4	1,4	0,49	0,021613	3
4d180	1,65	1,63	1,64	1,66	1,69	1,7				1,66	0,2166	1,68	24,3	0,2148	1,2	0,23461964	35	1,4	0,84	0,30233	45
4d225	0,7	1,03	0,88	0,67	0,68	0,63				0,77	0,2166	1,68	24,3	0,2148	0,9235	0,09475665	14	1,4	0,49	0,081193	12
4d135	0,45	0,59	0,26	0,41	0,31	0,35				0,40	0,2166	1,68	24,3	0,2148	0,9235	0,04892664	7	1,4	0,49	0,041923	6
4e 180	1,38	1,35	1,36	1,61	1,6	1,6				1,48	0,0486	1,68	24,3	0,0486	1,2	0,04736257	7	1,4	0,84	0,060556	9
4e 225	0,42	0,42	0,53	0,52	0,41	0,45				0,46	0,0486	1,68	24,3	0,0486	0,9235	0,01283825	2	1,4	0,49	0,010915	2
4e 135	0,26	0,32	0,3	0,42	0,46	0,5				0,38	0,0486	1,68	24,3	0,0486	0,9235	0,01055071	2	1,4	0,49	0,00897	1
4f180	1,71	1,66	1,65	1,68	1,69	1,72				1,69	0,135	1,68	24,3	0,1346	1,2	0,14903143	22	1,4	0,84	0,191079	28
4f225	0,33	0,37	0,5	0,53	0,43	0,28				0,41	0,135	1,68	24,3	0,1346	0,9235	0,03155327	5	1,4	0,49	0,026901	4
4f135	0,48	0,32	0,21	0,58	0,65	0,64				0,48	0,135	1,68	24,3	0,1346	0,9235	0,0372432	6	1,4	0,49	0,031752	5
4g180	1,56	1,55	1,53	1,66	1,61	1,63	1,66	1,64	1,66	1,61	0,0729	1,68	24,3	0,0728	1,2	0,07712344	11	1,4	0,84	0,098658	15
4g225	0,5	0,54	0,53	0,52	0,56	0,49	0,51	0,59	0,59	0,54	0,0729	1,68	24,3	0,0728	0,9235	0,02253686	3	1,4	0,49	0,01917	3
4g135	0,41	0,45	0,5	0,44	0,46	0,42	0,48	0,49	0,48	0,46	0,0729	1,68	24,3	0,0728	0,9235	0,01927065	3	1,4	0,49	0,016392	2
4h180	1,72	1,69	1,66	1,64	1,67	1,7	1,72	1,67	1,68	1,68	0,2025	1,68	24,3	0,2010	1,2	0,22243587	33	1,4	0,84	0,286335	42
4h225	0,38	0,39	0,56	0,57	0,38	0,3	0,33	0,41	0,54	0,43	0,2025	1,68	24,3	0,2010	0,9235	0,04971728	7	1,4	0,49	0,042557	6

4h135	0,46	0,37	0,42	0,26	0,32	0,46	0,44	0,43	0,38	0,39	0,2025	1,68	24,3	0,2010	0,9235	0,04559564	7	1,4	0,49	0,039029	6
5a180	1,1	1,53								1,32	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,21372313	32	1,4	0,84	0,27615	41
5a225	0,86	0,74								0,80	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,11406269	17	1,4	0,49	0,098	15
5a135	0,59	0,58								0,59	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,08340834	12	1,4	0,49	0,071663	11
5b180	1,02	1								1,01	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,16415237	24	1,4	0,84	0,2121	31
5b225	0,88	0,79								0,84	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,11905293	18	1,4	0,49	0,102288	15
5b135	0,87	0,9								0,89	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,12618185	19	1,4	0,49	0,108413	16
5c180	0,97	1,01								0,99	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,16090183	24	1,4	0,84	0,2079	31
5c225	0,5	0,49								0,50	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,07057629	10	1,4	0,49	0,060638	9
5c135	0,65	0,66								0,66	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,09338882	14	1,4	0,49	0,080238	12
5d180	1,08	1,01								1,05	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,16984082	25	1,4	0,84	0,21945	33
5d225	0,095	1,06								0,58	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,082339	12	1,4	0,49	0,070744	10
5d135	0,66	0,73								0,70	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,09909196	15	1,4	0,49	0,085138	13
5e 180	0,92	0,92								0,92	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,14952493	22	1,4	0,84	0,1932	29
5e 225	0,86	0,91								0,89	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,12618185	19	1,4	0,49	0,108413	16
5e 135	0,67	0,71								0,69	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,09837907	15	1,4	0,49	0,084525	13
5f180	0,91	0,92								0,92	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,1487123	22	1,4	0,84	0,19215	28
5f225	0,81	0,85								0,83	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,11834004	18	1,4	0,49	0,101675	15
5f135	0,67	0,71								0,69	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,09837907	15	1,4	0,49	0,084525	13
5g180	0,9	0,93								0,92	0,25	1,68	24,3	0,2473	1,2	0,1487123	22	1,4	0,84	0,19215	28
5g225	0,96	0,92								0,94	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,13402366	20	1,4	0,49	0,11515	17
5g135	0,68	0,72								0,70	0,25	1,68	24,3	0,2473	0,9235	0,09980485	15	1,4	0,49	0,08575	13
6a180	0,79	0,93	0,64							0,79	0,24	1,68	24,3	0,2376	1,2	0,12284483	18	1,4	0,84	0,158592	23
6a225	0,21	0,32	1,09							0,54	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,07397547	11	1,4	0,49	0,063504	9
6a135	1,2	1,39	0,23							0,94	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,12877212	19	1,4	0,49	0,110544	16
6b180	0,88	1,02	0,83							0,91	0,24	1,68	24,3	0,2376	1,2	0,14210441	21	1,4	0,84	0,183456	27
6b225	0,22	0,58	0,63							0,48	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,06529934	10	1,4	0,49	0,056056	8
6b135	1	0,68	0,47							0,72	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,09817732	15	1,4	0,49	0,08428	12
6c180	0,9	1,01	0,84							0,92	0,24	1,68	24,3	0,2376	1,2	0,14314546	21	1,4	0,84	0,1848	27
6c225	0,14	0,38	0,85							0,46	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,0625595	9	1,4	0,49	0,053704	8
6c135	0,86	0,55	0,35							0,59	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,08036841	12	1,4	0,49	0,068992	10
6d180	0,89	1,01	0,84							0,91	0,24	1,68	24,3	0,2376	1,2	0,14262494	21	1,4	0,84	0,184128	27
6d225	0,17	0,39	0,9							0,49	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,06666925	10	1,4	0,49	0,057232	8
6d135	0,89	0,56	0,33							0,59	0,24	1,68	24,3	0,2376	0,9235	0,08128169	12	1,4	0,49	0,069776	10
7a180	0,99	0,96	1,62							1,19	0,361	1,68	24,3	0,3529	1,2	0,27605404	41	1,4	0,84	0,360856	53
7a225	1,42	1,46	2							1,63	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,33103472	49	1,4	0,49	0,287741	43
7a135	1,33	1,33	1,95							1,54	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,31271927	46	1,4	0,49	0,271821	40
7b180	0,31	0,29	0,33							0,31	0,361	1,68	24,3	0,3529	1,2	0,07191324	11	1,4	0,84	0,094004	14
7b225	0,77	0,74	0,78							0,76	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,15534211	23	1,4	0,49	0,135026	20
7b135	0,73	0,7	0,79							0,74	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,15059366	22	1,4	0,49	0,130899	19
7c180	0,47	0,47	1,31							0,75	0,361	1,68	24,3	0,3529	1,2	0,17398364	26	1,4	0,84	0,22743	34
7c225	0,82	0,89	1,66							1,12	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,22860389	34	1,4	0,49	0,198706	29
7c135	0,84	0,81	1,48							1,04	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,2123235	31	1,4	0,49	0,184555	27
7d180	0,14	0,11	0,12							0,12	0,361	1,68	24,3	0,3529	1,2	0,02861064	4	1,4	0,84	0,0374	6
7d225	0,42	0,46	0,3							0,39	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,08004528	12	1,4	0,49	0,069577	10
7d135	0,43	0,46	0,32							0,40	0,361	1,68	24,3	0,3529	0,9235	0,08208033	12	1,4	0,49	0,071346	11
8a180	1,24	1,07	0,87							1,06	0,96	1,68	24,3	0,8335	1,2	0,58071138	86	1,27	0,762	0,775411	115

8a225	1,1	0,91	0,86	0,96	0,96	1,68	24,3	0,8335	0,9235	0,45977244	68	1,27	0,4445	0,408229	60
8a135	0,52	0,62	0,28	0,47	0,96	1,68	24,3	0,8335	0,9235	0,22748323	34	1,27	0,4445	0,201981	30
9a180	0,76	0,68	1,1	0,85	0,805	1,68	24,3	0,7260	1,2	0,40398772	60	1,27	0,762	0,519354	77
9a225	0,94	0,96	1,2	1,033333333	0,805	1,68	24,3	0,7260	0,9235	0,4325377	64	1,27	0,4445	0,36975	55
9a135	1,06	1,08	1,32	1,153333333	0,805	1,68	24,3	0,7260	0,9235	0,48276789	72	1,27	0,4445	0,412689	61
9b180	1,34	1,09	1,36	1,263333333	0,3	1,68	24,3	0,2953	1,2	0,24522506	36	1,4	0,84	0,31836	47
9b225	0,98	0,97	0,93	0,96	0,3	1,68	24,3	0,2953	0,9235	0,16347297	24	1,4	0,49	0,14112	21
9b135	1,02	0,98	0,92	0,973333333	0,3	1,68	24,3	0,2953	0,9235	0,16574343	25	1,4	0,49	0,14308	21
9c180	0,99	0,99	1,06	1,013333333	0,315	1,68	24,3	0,3096	1,2	0,20620624	31	1,4	0,84	0,268128	40
9c225	0,69	0,69	0,72	0,7	0,315	1,68	24,3	0,3096	0,9235	0,12496124	19	1,4	0,49	0,108045	16
9c135	0,67	0,67	0,68	0,673333333	0,315	1,68	24,3	0,3096	0,9235	0,12020082	18	1,4	0,49	0,103929	15
9d180	0,94	0,95		0,945	0,27	1,68	24,3	0,2666	1,2	0,16557697	25	1,4	0,84	0,214326	32
9d225	0,65	0,65		0,65	0,27	1,68	24,3	0,2666	0,9235	0,09991008	15	1,4	0,49	0,085995	13
9d135	0,65	0,66		0,655	0,27	1,68	24,3	0,2666	0,9235	0,10067862	15	1,4	0,49	0,086657	13