UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CHAPAS METÁLICAS PERFURADAS PARA PROTEÇÃO SOLAR

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO

ALDA REGINA BUENO MINIOLI

São Paulo

2014

ALDA REGINA BUENO MINIOLI

CHAPAS METÁLICAS PERFURADAS PARA PROTEÇÃO SOLAR

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Anésia Barros Frota

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL,
SOB RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR.
O original se encontra disponível na sede do programa
São Paulo, 02 de junho de 2014.

São Paulo

2014

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.

E-MAIL DA AUTORA: aldargbm@gmail.com

Minioli, Alda Regina Bueno
M665c Chapas metálicas perfuradas para proteção solar. Avaliação do desempenho térmico e luminoso / Alda Regina Bueno Minioli -- São Paulo, 2014.
144 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP.
Orientadora: Anésia Barros Frota

1.Ensaios dos materiais 2.Normas técnicas (Avaliação) 3.Chapas (Uso; Acabamento) 4.Fachadas (Avaliação) 5.Avaliação de desempenho (Arquitetura) 6.Conforto ambiental (Avaliação; Experimento) 7.Conforto térmico (Avaliação; Ferramentas) 8.Iluminação natural (Equipamentos; Controle; Medição; Arquitetura) 9.Energia solar (Aproveitamento; Arquitetura) I.Título

CDU 72.004.14

ERRATA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CHAPAS METÁLICAS PERFURADAS PARA PROTEÇÃO SOLAR

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO

ALDA REGINA BUENO MINIOLI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Anésia Barros Frota

Aprovado em:

Membros da Banca:

Prof.ª Dr.ª Anésia Barros Frota

(Orientadora – FAU-USP)

Prof.

Prof.

São Paulo

2014

Aos meus pais

Alda Maria e Alvaro

Com meu profundo amor e gratidão

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Anésia Barros Frota, pela confiança e pelos belos aprendizados no âmbito acadêmico e fora dele;

À Capes, pelo apoio financeiro;

Ao Prof. Zilles, Cristina, Rinaldo, André e equipe do IEE, que generosamente permitiram que os experimentos fossem realizados no Instituto e também por toda a atenção dispensada durante os trabalhos;

Aos Prof. Arlindo e Norberto, pelas valiosas colocações na banca de qualificação;

Ao Sr. Aparecido, por acreditar no trabalho e disponibilizar amostras para ensaios;

À Permetal, por disponibilizar amostras para ensaio;

Ao Sr. Adilson, por nos auxiliar com sua grande experiência e competência na construção do goniômetro;

Ao Sr. Wagner, por generosamente disponibilizar sua equipe para construção do rastreador solar;

E em especial, àqueles que dispuseram de seu precioso tempo, e, sobretudo, de muito boa vontade, ao passar horas e horas sob o sol escaldante, para que as medidas de campo pudessem ser realizadas: Ranieri, Rinaldo, Helena, Raimunda, Rodrigo, Alvaro e Antonio.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

"Pensa como pensam os sábios, mas fala como falam os simples"

Aristóteles

RESUMO

Chapas metálicas perfuradas para proteção solar. Avaliação do desempenho térmico e luminoso

Neste trabalho é realizada a avaliação do desempenho solar e luminoso de chapas metálicas com diferentes padrões de perfurações empregados para proteção solar na envoltória das edificações. Foram ensaiadas experimentalmente as transmitâncias solar e luminosa em diversos ângulos de incidência de chapas metálicas, chapas expandidas e telhas metálicas, com ou sem pintura, planas ou com conformação espacial. Avaliou-se a relação entre a transmitância e % de perfuração da amostra para incidência da radiação em variadas alturas e azimutes solares, comparou-se o comportamento solar e luminoso de cada amostra e entre amostras com características semelhantes. As normas ASTM E972 *Standard Test Method for Solar Photometric Transmittance of Sheet Materials Using Sunlight* e ASTM E1084 *Standard Test Method for Solar Transmittance (Terrestrial) of Sheet Materials Using Sunlight* foram adotadas para medições de campo das amostras.

Os resultados mostram que, para todas as amostras, as transmitâncias solar (TS) e luminosa (TL) na perpendicular se assemelham a % de perfuração da amostra; para ângulos diferentes da normal há uma redução conforme a altura solar diminui e que quanto maior for o furo em relação à espessura, menor será a redução. TS/TL decresce conforme a altura solar diminui, exceto para as telhas. Em relação à variação de azimute, para chapas perfuradas sem acabamento ou pintadas, os valores de TS e TL se mantêm praticamente iguais, enquanto que para chapas expandidas e telhas os valores variam. Para as amostras pintadas, TS e TL das amostras com cores claras são maiores do que das amostras com cores médias que por sua vez são maiores do que as amostras com cores escuras.

A partir destes resultados e da elaboração da ficha de aplicação dos resultados para variados ângulos, no âmbito do projeto de arquitetura, contribui-se para o emprego apropriado deste tipo de material, além de complementar informações técnicas pouco disponíveis no mercado. Além disso, os dados medidos em campo podem servir de validação para modelagem computacional para uma variação maior de ângulos, e na avaliação de ambientes projetados ou construídos, os dados coletados, em especial os ângulos diferentes da incidência normal, podem ser usados em simulação energética ao longo do ano.

***Palavras-chave**: avaliação de desempenho térmico e luminoso, chapas metálicas perfuradas, método de ensaio, transmitância solar e luminosa, ASTM E972, ASTM E1084*

ABSTRACT

Perforated metal sheet for shading. Assessment of solar-optical performance

This research focuses on the evaluation of solar and optical performance of metal sheets with different patterns of perforations used as shading devices in the building's envelope. Solar and light transmittance were experimentally tested at normal and off-normal incident angles of samples of perforated metal sheet, expanded metal sheets and perforated tile, with or without painting, flat or volumetric shape. The relationship between % perforation of sample and transmittance for off normal angle incidence (height and azimuth) was evaluated. Solar and optical results were correlated for each sample. Samples with similar characteristics such as perforation, painting, hole dimension were compared. ASTM E 972 Standard Test Method for Solar Photometric Transmittance of Sheet Materials Using Sunlight and ASTM E 1084 Standard Test Method for Solar Transmittance (Terrestrial) of Sheet Materials Using Sunlight were adopted for field measurements of the samples.

The results show that for all samples, the solar transmittance (TS) and light (TL) perpendicular to the sample is similar to % perforation; for off normal angles there is a reduction as the solar altitude decreases and that the higher the hole relative to thickness, the smaller the reduction. TS / TL decreases as solar height decreases, except for the tiles. Regarding the change in azimuth for perforated sheets with or without painting, the values of TL and TS remains practically the same, whereas for expanded metal and tiles values vary. For the painted samples, TS and TL bright color of the samples are higher than the intermediate color samples which are in turn higher than the samples of dark colors

From the results achieved and with the development of the application table to different incident angles, within the architecture field, these results provide information for the appropriate use of such material, plus some additional technical information available in the market. Furthermore, the data measured in the field can serve as validation for computational modeling to a wider range of angles, and also it could be used in buildings' energy simulations.

Keywords*: assessment of solar-optical performance, perforated metal sheets, test method, solar and light transmittance, ASTM E972, ASTM E1084*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 | MEC – Ministério da Educação e Cultura.....21
Figura 2 e Figura 3 | Edifício Montreal.....22
Figura 4 | Edifício Parque Guinle.....23
Figura 5 | SESC Pompéia 23
Figura 6 | Sede do Sebrae Nacional 24
Figura 8 | Escritório Hispasat 25
Figura 9 | Escritório Hispasat 26
Figura 10 | ângulo de incidência sobre o plano horizontal 32
Figura 11 | ângulo de incidência sobre o plano horizontal rotacionado.....32
Figura 12 | Caixa recomendada pela norma 43
Figura 13 | Caixa elaborada para a realização dos experimentos.....43
Figura 14 | Goniômetro de três eixos 45
Figura 15 | Transferidor com fenda-guia 46
Figura 17 | Haste para suporte dos sensores externos.....49
Figura 18 | Chapas perfuradas sem pintura 52
Figura 20 | Chapas e telhas perfuradas com pintura.....53
Figura 22 | Praça do Sol – foto aérea.....58
Figura 24 | Obstrução do entorno Praça do Sol e condição de céu 59
Figura 25 | Obstrução do entorno para o IEE e condição de céu.....59
Figura 27 | Panorâmicas ao redor do ponto de medição IEE.....61
Figura 28 | Local de medição Praça do Sol.....62
Figura 29 | Local de medição IEE 62
Figura 30 | Aparato.....64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 | Características do sensor de radiação global (piranômetro) 50
Tabela 2 | Características do sensor de luz (fotocélula).....50
Tabela 3 | Dimensão das amostras a partir de medição em imagem digital 55
Tabela 4 | Dimensão das amostras a partir de medição com paquímetro.....56
Tabela 5 | Dimensão das amostras a partir de catálogo do fabricante.....56
Tabela 6 | Dimensão das amostras pintadas 56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 | Transmitância Solar para chapas sem pintura e furo redondo.....73
Gráfico 2 | TS sobre perfuração para chapas sem pintura e furo redondo.....73
Gráfico 3 | Transmitância Luminosa para chapas sem pintura e furo redondo 74
Gráfico 4 | TL sobre perfuração para chapas sem pintura e furo redondo 74
Gráfico 5 | Transmitância Solar para chapas sem pintura com furo não redondo.....75
Gráfico 6 | TS sobre perfuração para chapas sem pintura com furo não redondo....75
Gráfico 7 | Transmitância Luminosa para chapas sem pintura com furo não redondo 76
Gráfico 8 | TL sobre perfuração para chapas sem pintura com furo não redondo 76
Gráfico 9 | Transmitância Solar para chapas com pintura e furo pequeno.....77
Gráfico 10 | TS sobre perfuração para chapas com pintura e furo pequeno.....77
Gráfico 11 | Transmitância Luminosa para chapas com pintura e furo pequeno.....78
Gráfico 12 | TL sobre perfuração para chapas com pintura e furo pequeno 78
Gráfico 13 | Transmitância Solar para chapas com pintura e furo médio.....79
Gráfico 14 | TS sobre perfuração para chapas com pintura e furo médio 79
Gráfico 15 | Transmitância Luminosa para chapas com pintura e furo médio.....80
Gráfico 16 | TL sobre perfuração para chapas com pintura e furo médio 80
Gráfico 17 | Transmitância Solar para chapas com pintura e furo grande 81
Gráfico 18 | TS sobre perfuração para chapas com pintura e furo grande.....81
Gráfico 19 | Transmitância Luminosa para chapas com pintura e furo grande 82
Gráfico 20 | TL sobre perfuração para chapas com pintura e furo grande 82
Gráfico 21 |Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa sem pintura.....83
Gráfico 22 | Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa para furo pequeno 83
Gráfico 24 | Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa para furo grande..84
Gráfico 25 | Transmitância Solar x Transmitância Luminosa 85

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....13

1.1 Contexto.....13
1.2 Motivação e Objetivos.....15
1.3 Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho.....16
1.4 Organização do Trabalho.....16

CAPÍTULO 2 - USO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR COM ABERTURAS.....17

2.1 Considerações Iniciais.....17
2.2 Envoltória.....17
2.3 Arquitetura para o clima tropical.....19
2.4 Arquitetura tropical tradicional e moderna/ contemporânea.....20
2.5 Uso de elementos com aberturas em fachadas.....22
2.6 Projetos nacionais e internacionais atuais.....24
2.7 Considerações Finais.....26

CAPÍTULO 3 - DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DA ENVOLTÓRIA.....27

3.1 Considerações iniciais.....27
3.2 Desempenho térmico e luminoso.....27
3.3 Fenômenos físicos envolvendo radiação solar.....28
3.4 Estudos sobre desempenho térmico e luminoso.....33
3.5 Normas para avaliação do desempenho térmico e luminoso.....35
3.6 Considerações Finais.....37

CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE CHAPAS PERFURADAS.....38

4.1 Considerações Iniciais.....38
4.2 Objetivos.....38
4.3 Métodos.....39
4.4 Procedimentos de medição e cálculo.....40

4.5 Equipamentos e aparato de ensaio 41
4.6 Amostras estudadas 51
4.7 Área para levantamento de dados 57
4.8 Levantamentos empíricos 63
4.9 Tratamento dos dados 67
4.10 Avaliação dos resultados 70
4.11 Considerações Finais 90

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO 91

5.1 Trabalhos Futuros 94

CAPÍTULO 6 - BIBLIOGRAFIA 95

APÊNDICE 97

Garfield, Jim Davis

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O presente estudo aborda elementos metálicos com diferentes configurações de perfurações utilizados na envoltória das edificações como proteção solar. Estes dispositivos são aplicados para auxiliar no controle solar, pois reduzem a incidência da radiação solar direta, melhorando o conforto térmico e o aproveitamento da iluminação natural. Também são componentes estéticos da fachada e permitem a integração visual com o exterior. Pretende-se contribuir para a melhor aplicação dos recursos energéticos, com o preenchimento de uma lacuna na área de conforto ambiental, ao estabelecer as características térmicas e luminosas destes elementos, uma vez que há escassez de estudos específicos para este tipo de material.

1.1 Contexto

Desenvolvimento sustentável é aquele que permite o atendimento das necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades (BRUDTLAND, 1997). Uma das grandes questões abordadas nas discussões acerca da sustentabilidade, em específico a ambiental, é a energia, sendo que nos últimos 20 anos, o consumo mundial de energia aumentou em quase 50% (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2009).

O parque edificado brasileiro é responsável por 47,6% do consumo energético nacional, sendo 23,6% gastos pelo setor residencial, 16,0% pelo setor comercial e 8,0% pelo setor público (Brasil, 2013). No setor residencial, os sistemas de condicionamento artificial são responsáveis por 20,0% do consumo de energia elétrica da edificação, os sistemas de iluminação por 14,0% e aquecimento de água por 24,0% (ELETROBRÁS, 2005-A). No setor comercial, os sistemas de condicionamento

artificial são responsáveis por 40,3% e os sistemas de iluminação por 18,8% (ELETROBRÁS, 2005-B). A partir destes dados é possível observar que os consumos de energia elétrica pelos sistemas de condicionamento térmico e de iluminação estão em posição de destaque.

Visto que o projeto arquitetônico de uma edificação tem relação direta com seu consumo de energia, utilizar soluções arquitetônicas que reduzam a utilização de recursos energéticos artificiais contribui para o desenvolvimento sustentável. Por um lado, tem-se verificado o desenvolvimento de sistemas de condicionamento artificial para conforto térmico e luminoso cada vez mais eficientes, que são classificados conforme sua eficiência energética (PROCEL Edifica, 2013). Por outro, além do aspecto do consumo energético, as condições de conforto ambiental por meios passivos têm influência no estado de ânimo, na satisfação e na qualidade de vida. Neste sentido, a luz natural tem efeitos positivos no bem-estar e no estado emocional das pessoas (FONSECA, 2000) e na produtividade (LAM, 1977).

Na edificação, a envoltória, que inclui todas as fachadas do edifício e a sua cobertura, representa um elemento principal na criação de um meio apropriado para o Homem, entre outros fatores, em termos de temperatura e luminosidade. Isso se deve ao fato de que se trata do conjunto de superfícies que estão em contato com o meio externo, de condições nem sempre adequadas, sendo, desta forma, responsável pelas trocas de energia entre o exterior e o interior (RIVERO, 1985). Assim, o estabelecimento de dados sobre os elementos utilizados na envoltória com o intuito de controlar os ganhos e perdas de energia é um aspecto relevante para a definição dos projetos de arquitetura.

Dentre a variedade de componentes existentes, o recorte deste trabalho consiste em estudar especificamente materiais metálicos opacos que dispõem de aberturas – chapas perfuradas, expandidas ou em forma de telha. Estes elementos atenuam o ganho de calor solar pelas fachadas e da cobertura, reduzindo, ou por vezes até descartando, a necessidade de utilização de condicionamento artificial e também controlam os níveis de iluminância obtidos, podendo diminuir, ou até dispensar, em alguns períodos, o uso do sistema de iluminação artificial. Assim, o conhecimento das propriedades e o uso adequado deste material permite melhorar o conforto do usuário em climas quentes, além de aprimorar o aproveitamento dos recursos naturais e otimizar o uso dos sistemas artificiais (FROTA e SCHIFFER, 2005). Neste trabalho, considera-se “chapas perfuradas” os diversos tipos de

fabricação para obtenção de padrões de perfuração: chapas lisas, expandidas e telhas metálicas perfuradas.

1.2 Motivação e Objetivos

As propriedades de materiais opacos, em específico metálicos, com diversos tipos de acabamento, podem ser encontradas comumente em livros sobre transferência de calor (HOLMAN, 1983). O comportamento da radiação solar na atmosfera, incluindo a faixa do visível também foi estabelecida (DUFIE e BECKMAN, 1980). Neste trabalho foi estudado o efeito de diversos tipos de perfurações nas chapas, com variações na espessura, cores e conformação espacial.

Assim, a escolha do recorte desta pesquisa para essa tipologia de dispositivo de proteção solar se deve à especificidade de suas características de desempenho associada à carência de estudos, conforme será abordado no Capítulo 2.

Objetivo geral:

- determinar o desempenho térmico e luminoso de elementos metálicos com perfurações aplicadas na proteção solar da envoltória e verificar a relação entre a área aberta e o desempenho térmico e luminoso destes elementos.

Objetivos específicos:

- estabelecimento de procedimentos para medição da área aberta para os diferentes tipos de amostras: chapas perfuradas e expandidas;
- aplicação, avaliação e aprimoramento de procedimentos e aparato de ensaio para medição de transmitância solar para os diferentes tipos e tamanhos de aberturas e em diferentes épocas do ano;
- aplicação, avaliação e aprimoramento de procedimentos e aparato de ensaio para medição de transmitância luminosa para os diferentes tipos e tamanhos de aberturas e em diferentes épocas do ano;

1.3 Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho

Este estudo constitui-se de pesquisa bibliográfica - literatura sobre fachadas, especificamente sobre a aplicação de elementos para proteção solar com perfurações (Capítulo 2) e métodos para medição de transmitância solar e luminosa para estes tipos de elementos (Capítulo 3), de método experimental - ensaios de amostras em modelo físico, método correlativo - estabelecimento de relações entre dados coletados, neste estudo referente a % de perfuração das amostras e transmitância solar e luminosa para cada amostra e método comparativo - comparação de resultados entre as amostras em termos de desempenho térmico e luminoso (Capítulo 4).

1.4 Organização do Trabalho

No Capítulo 1 é apresentada a pesquisa e as partes que compõe o estudo.

No Capítulo 2 contextualiza-se o uso de dispositivos de proteção da envoltória no campo da arquitetura, especificamente elementos de proteção solar com aberturas, como componente da envoltória, e uma seleção de aspectos climáticos e históricos.

No Capítulo 3 é tratado do objeto de estudo sob o ponto de vista do comportamento deste tipo de material de construção em relação a transmitância de calor e de luz.

No Capítulo 4 são descritos os procedimentos desenvolvidos para a realização dos ensaios de transmitância solar e luminosa nas amostras de chapas metálicas com perfurações. A partir das medições, os resultados são apresentados e discutidos.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões sobre o trabalho e possibilidades de aprofundamento e desenvolvimento futuros.

Capítulo 2

USO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR COM ABERTURAS

Este capítulo apresenta um panorama sobre o uso de elementos de proteção da envoltória, especialmente elementos com aberturas.

2.1 Considerações Iniciais

O estudo do uso de dispositivos de proteção da envoltória permite visualizar a inserção da presente pesquisa no contexto do projeto de arquitetura. Para o objeto de estudo, ainda que no mercado o nome comercial seja chapa perfurada, expandida, telha metálica perfurada, encontramos no termo “chapa perfurada” um significado em comum a estes tipos de materiais, por entender como perfuração qualquer tipo de abertura na chapa metálica. Para os demais elementos, adotou-se o termo proteção solar com aberturas, para muxarabi, cobogó e brise com aberturas. O capítulo está organizado nos seguintes tópicos: envoltória, arquitetura para o clima tropical, arquitetura tropical tradicional e moderna/contemporânea, uso de elementos com aberturas em fachadas e projetos nacionais e internacionais atuais.

2.2 Envoltória

As chapas metálicas perfuradas utilizadas na envoltória compõem o aspecto estético da obra, por estarem localizadas na porção exterior do edifício. Por sua vez,

fazem parte dos componentes construtivos do edifício, por sua materialidade. No âmbito do conforto ambiental, inserem-se como elementos de controle do meio externo para o interno, como em relação à incidência de radiação solar e luz, uma vez que criam um sombreamento da radiação solar direta e difusa. Dentro deste aspecto enquadram-se nas tecnologias passivas de conforto, já que independem de acionamento mecânico para atuarem, ainda que possam ter seu desempenho otimizado por acionamento automatizado, com algum consumo de energia elétrica. O uso destes componentes permite ainda ao usuário uma integração visual com o ambiente externo.

No que se refere às características específicas destes dispositivos, observam-se as relações entre suas características e as das aberturas e fechamentos da envoltória. Tomando-se como exemplo edificações localizadas em climas quentes, nas vedações da fachada, que são opacas, comumente são inseridas aberturas para entrada de luz, em geral com o uso de materiais translúcidos ou transparentes. Os elementos de controle solar entram para controlar a incidência de radiação solar nestas aberturas, que por vezes é excessiva. Soluções opacas oferecem bons resultados em termos de desempenho térmico, mas por vezes desempenho luminoso não tão satisfatório. Uma primeira solução é a alteração do material, considerando-se em específico sua opacidade, utilizando-se então elementos translúcidos ou transparentes, que permitam algum controle da radiação solar incidente e melhor desempenho luminoso. No caso da solução de elementos de proteção solar não opacos, tem-se a replicação da solução da abertura da envoltória, ou seja, comumente na abertura da envoltória tem-se a utilização de um elemento não opaco.

A solução de aberturas (variando em dimensões, formatos e distribuição) nos dispositivos arquitetônicos opacos de controle solar apresenta-se como alternativa para soluções não opacas, proporcionando, por meio da variação das características das aberturas, ponto de equilíbrio entre o desempenho térmico e luminoso. Ressalta-se que se reproduz aqui a estrutura básica do raciocínio que permeia a abertura em uma envoltória: introduz-se uma abertura em um dispositivo de controle solar para alcançar o equilíbrio entre desempenho térmico e luminoso, possibilitando ainda aumentar a percepção e o acesso visual do meio externo. Se continuássemos desenvolvendo o raciocínio, ainda que apenas em nível teórico, seria possível pensar em pequenos dispositivos de controle solar para as aberturas do dispositivo de

controle solar e, consequentemente, novas aberturas para esses novos pequenos dispositivos.

Desse modo, pode-se compreender a aplicação de chapas metálicas com aberturas correlacionada à composição da área aberta e opaca na envoltória. Assim como ocorre com a própria vedação e a caixilharia, as chapas com perfurações podem estar presentes na fachada, mas, em geral, configuram-se em uma escala distinta de outros dispositivos de proteção solar com aberturas: maior quantidade de aberturas e menores valores dimensionais. Então, as chapas podem ser a própria fachada ou por compor um elemento anexado a ela, em variadas posições, tais como: horizontais, verticais, laterais ou inclinados, e podem influenciar no desempenho e percepção do conjunto construído.

2.3 Arquitetura para o clima tropical

A radiação solar que atravessa as aberturas gera para o interior dos ambientes luminosidade e energia dissipada em forma de calor. Em climas quentes, a radiação pode ser excessiva, o que torna o controle da incidência da radiação na envoltória um ponto relevante para a criação de ambientes confortáveis para os usuários.

Para o clima quente-úmido, em que há pouca amplitude térmica e umidade relativa alta, é necessário, além do sombreamento, garantir que haja troca de ar suficiente para que o calor também seja levado pela ventilação, sendo que as vedações não devem ser de grande inércia, para facilitar a troca de calor, sendo adequado prever grandes aberturas para troca de ar nos períodos mais quentes.

Para o clima quente-seco, cuja característica principal é a baixa umidade e grande amplitude térmica, é indicado o uso de vedações com inércia elevada, que ganham calor durante o dia e o calor chega ao interior somente a noite quando a temperatura do ar externo já está em declínio acentuado. Nesse tipo de clima é recomendado pequenas aberturas, uma vez que a ventilação deve ser reduzida.

Apesar da existência de um elemento como uma chapa metálica com perfurações poder influenciar no fluxo de ventilação e na entrada de ar no ambiente pelos furos, conforme as dimensões dos furos (KOENIGSBERGER, 1977), o que pode ser considerado prejudicial para o clima quente-úmido, a solução arquitetônica com

espaço de ar ventilado, mantendo afastamento da fachada, propicia um sombreamento e auxilia na dissipação do ar quente (FROTA e SCHIFFER, 2005).

Se o calor excessivo deve ser evitado, o controle da radiação incidente pode propiciar um outro uso benéfico dessa radiação que é para iluminação natural. Em climas quentes a luz disponível pode ser excessiva, enquanto que para climas frios os níveis máximos podem não alcançar limites extremos.

A radiação solar direta pode causar ofuscamento nos locais onde a disponibilidade de luz natural é grande (KOENIGSBERGER, 1977). Mesmo com aberturas pequenas, pode ser necessário proteção solar. Além disso, o material de proteção solar não deve ser refletor, e com o uso de chapas perfuradas deve-se ter atenção com o tipo de acabamento.

Para climas frios, as chapas com aberturas podem ser usadas em sistemas chamados “coletores solares”, com a diferença que o espaço entre a chapa e a fachada não é ventilado, acumulando o calor que ajuda a aquecer a edificação. Esta forma de aplicação não é objeto de estudo neste trabalho.

Assim, chapas metálicas com aberturas podem ser propícios para aplicação do elemento em estudo, uma vez que permitem sombrear e ventilar as áreas internas das edificações.

2.4 Arquitetura tropical tradicional e moderna/ contemporânea

Na Europa, a passagem do século XIX para o XX foi marcada pelo crescimento vertiginoso de cidades, com grandes mudanças no âmbito tecnológico e cultural, trazendo uma série de mudanças para a sociedade e para a arquitetura (BRUAND, 2010). A partir de avanços nas tecnologias construtivas tem-se o advento da arquitetura moderna, com os princípios que iniciaram uma mudança significativa nas edificações: andar térreo livre, com o uso de pilotis; planta livre, pois a estrutura é independente das vedações; fachada livre, que resulta também da separação entre estrutura e paredes; o terraço-jardim que recupera o andar térreo deixado livre; janelas em fita, possibilitada pela fachada livre, permite visão da paisagem, princípios estes conhecidos como “cinco pontos da arquitetura moderna” (CAVALCANTI, 2001).

A arquitetura brasileira, até meados de 1900, situada em sua maior parte em território de clima quente, caracterizou-se por alvenarias espessas e janelas estreitas,

que tinham função estrutural e de proteção à insolação intensa, respectivamente. Venezianas, postigos e as varandas também protegiam o interior das edificações do excesso de luz e calor (BRUAND, 2010). Com o primeiro exemplar de destaque baseado nas características modernas, o MEC – Ministério da Educação e Cultura, projeto em equipe liderado por Lucio Costa (1902-1998) em 1936, ilustrado na Figura 1, temos a valorização da abertura do edifício para o exterior, não mais com pequenas janelas, como na arquitetura colonial, mas com grandes painéis envidraçados. Para adequar-se ao clima, no entanto, algumas adaptações foram necessárias e foi adotado o "brise-soleil". Assim, vemos que a maneira de proteger o interior foi alterada, porém o princípio de proteção se manteve (BRUAND, 2010).

Figura 1 | MEC – Ministério da Educação e Cultura

Com o decorrer de décadas, houve a disponibilidade de uso de condicionamento artificial, fazendo com que as condições externas não fossem determinantes da arquitetura, e assim houve uma importação de modelos criados para climas diferentes do brasileiro (LAMBERTS, 1997). A luz artificial e o ar-condicionado passaram a ser a forma corrente de lidar com as necessidades de luz e calor, mas questões do custo do uso de energia alteraram esse estado, além de considerações sobre o conforto dos usuários (LAM, 1977).

Tendo como perspectiva o uso e controle dos recursos naturais, as chapas podem ser usadas como brises ou como uma segunda pele o que leva a ressaltar a

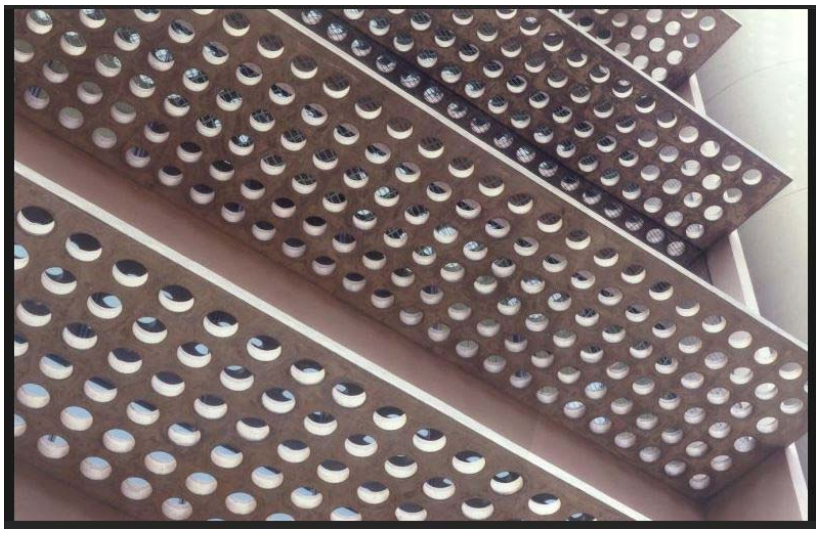
importância de se manter o princípio de proteção que a envoltória deve oferecer ao interior do edifício.

2.5 Uso de elementos com aberturas em fachadas

A concepção de se utilizar aberturas em elementos opacos com dimensões reduzidas na fachada se fez presente em diversas formas. Este tópico visa mostrar exemplos que foram identificados e ilustram a aplicação deste conceito com materiais distintos.

Oscar Niemeyer (1907-2012), arquiteto brasileiro de maior destaque internacional, em suas obras de destaque na cidade de São Paulo, como no Edifício Montreal (1951), fez uso de brises horizontais com aberturas, ilustrados na Figura 2 e na .

Figura 2 e Figura 3 | Edifício Montreal



No projeto do Parque Guinle, de 1954, Figura 4, situado na cidade do Rio de Janeiro, projeto de Lucio Costa, é utilizado o elemento vazado, ou cobogó, compondo com diversos padrões e inclusive com aberturas maiores a fachada do edifício, filtrando a radiação que passa para o interior da edificação (CAVALCANTI, 2001).

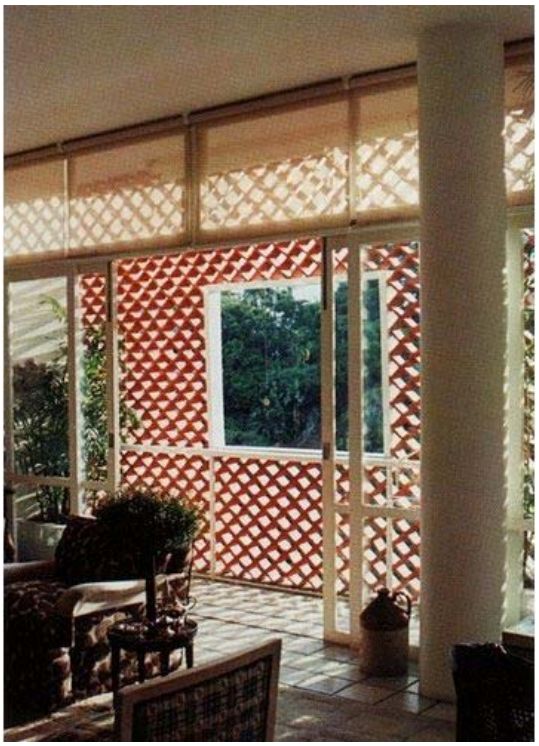


Figura 4 | Edifício Parque Guinle

A arquiteta Lina Bo Bardi (1914-1992), italiana radicada no Brasil, em seus projetos tinha por característica uma valorização de elementos culturais locais. No projeto do SESC Pompéia, finalizado em 1982, uma reforma para um conjunto esportivo, de lazer e cultural, temos um exemplo de uso de muxarabi no conjunto de quadras poliesportivas, conforme Figura 5.

Figura 5 | SESC Pompéia

Vemos, com esses exemplos, a busca de controlar parcialmente a entrada de calor e que as aberturas procuram permitir a entrada de luz de uma forma distribuída, equilibrando os dois aspectos. Nota-se ainda que as soluções são diversas, variando dentro do momento histórico, da tecnologia disponível e da linguagem compositiva de cada arquiteto.

2.6 Projetos nacionais e internacionais atuais

O uso de chapas perfuradas para proteção de fachadas se faz presente em projetos atuais no Brasil e em diversos países do mundo. Neste item serão apresentados projetos nacionais e internacionais, abrangendo diversas tipologias.

Na sede do Sebrae Nacional, Figura 6, em Brasília, projeto de 2008 de autoria de Alvaro Puntoni e equipe, chapas metálicas perfuradas são utilizadas em brises verticais inclinados e posicionados em alguns trechos da fachada oferecendo sombreamento, permeabilidade da luz natural e visibilidade entre exterior e interior (SUMMA, 2011).

Figura 6 | Sede do Sebrae Nacional

Nos edifícios esportivos do IX Jogos Sul Americanos, em Medellin, Colômbia, Figura 7, projeto de Felipe Mesa e Giancarlo Mazzanti, em 2008, o uso de chapas perfuradas propicia a redução da velocidade do vento, mas permitem a troca de ar. As perfurações também propiciam permeabilidade visual, permitindo a contemplação das atividades realizadas no interior dos edifícios, neste caso contando com sombreamento suplementar de beirais.

Figura 7 | Edifícios esportivos

No edifício de escritório Hispasat em Arganda del Rey, Espanha, de Herrero arquitetos, Figura 8 e 9, projeto realizado em 2009, as telas foram usadas para *retrofit* do edifício que é da década de 1970. Utilizada de forma afastada da fachada, as chapas, com perfurações variáveis conforme a fachada (40, 60 e 80%) permitiram modernizar a imagem da empresa, incrementar as visuais e controlar a radiação solar.

Figura 8 | Escritório Hispasat

Figura 9 | Escritório Hispasat

2.7 Considerações Finais

Neste capítulo, vimos que a tecnologia e a linguagem formal das edificações se desenvolvem de várias maneiras, mas, independentemente da apresentação, a proteção solar se mantém fundamental para gerar conforto. Sendo assim, as chapas perfuradas são propícias para serem usadas em locais de clima tropical por oferecerem sombreamento que é necessário para amenizar o excesso de calor e luz, compondo o sistema da fachada e procurando equilibrar esses aspectos.

Capítulo 3

DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DA ENVOLTÓRIA

Este capítulo versa sobre os aspectos físicos da transmitância de calor e luz e sobre estudos realizados relacionados ao objeto de estudo, fornecendo embasamento para os ensaios realizados.

3.1 Considerações iniciais

O comportamento térmico e luminoso dos diversos materiais que compõem as edificações seguem determinados princípios da física e o seu conhecimento e adequada aplicação em projetos de arquitetura podem contribuir para criar um ambiente adequado ao abrigo do ser humano.

3.2 Desempenho térmico e luminoso

Neste trabalho, o termo “chapas perfuradas” se aplica à chapas metálicas lisas perfuradas ou expandidas e à chapas onduladas perfuradas (telha).

Desempenho de chapas perfuradas neste trabalho é definido como a transmitância solar e luminosa da amostra. Transmitância é a razão entre fluxo (radiante/iluminância) transmitido e fluxo (radiante/iluminância) incidente (ASTM, 2007).

3.3 Fenômenos físicos envolvendo radiação solar

Todos os seres que habitam o planeta Terra, nos quais se inclui os seres humanos, dependem de um conjunto de condições adequadas para o seu pleno desenvolvimento, dentre as quais níveis de temperatura e luminosidade (RIVERO, 1985). Para atingir estas condições, a principal fonte natural de energia é o Sol (DUFIE e BECKMAN, 1980).

A energia que o sol irradia é composta por diferentes comprimentos de onda de 290 a 2500nm, sendo divididos nas faixas ultravioleta, visível e infravermelho (DUFIE e BECKMAN, 1980). A faixa ultravioleta está associada a um efeito bactericida, ao desbotamento de cores e à síntese da vitamina D. A faixa do visível está associada à luz e à visão do ser humano, influindo diretamente no grau de iluminação dos ambientes e a infravermelho à transmissão de calor, influenciando na temperatura. O total de energia distribui-se da seguinte forma: ultravioleta de 1 a 5%, visível de 41 a 45% e infravermelho de 52 a 60%. Ultravioleta é a faixa de 100 a 400nm, a faixa do espectro visível, de 380 a 780nm, ocasiona a sensação de visão e a faixa espectral do infravermelho, de 780 a 1000nm, é sentida como calor, é invisível ao olho humano e atravessa o vácuo e o ar limpo sem perda de energia (CARAM, 1998).

O efeito da incidência da energia solar descrito acima é variado no ambiente que vivemos, a superfície da Terra, uma vez que este astro gira em torno de seu eixo, chamado movimento de rotação e também em torno do Sol, conhecido como translação, e sendo o eixo de rotação da Terra inclinado em relação ao Sol, tem-se a origem dos diferentes climas, dos dias e noites, e das estações do ano (KOENIGSBERGER, 1977).

Essa oscilação na chegada de energia do sol provoca constante aumento e redução nos níveis de temperatura do ambiente e dos materiais, que é o grau de vibração das moléculas que os compõem, podendo ocorrer por meio de trocas secas: condução, convecção ou radiação, envolvendo calor sensível, ou se houver mudança de estado de agregação, envolvendo calor latente (FROTA e SCHIFFER, 2005). Esses fenômenos ocorrem pois há transferência de calor sempre que houver diferença de vibração das moléculas, sendo que a parte que tem mais energia passa para a que tem menos (GARG, 1982).

A transferência de calor por condução ocorre entre corpos em contato ou entre partes do mesmo corpo que estejam em temperaturas diferentes. A condutividade térmica mede a capacidade do material conduzir calor, sendo os materiais com grande capacidade de conduzir calor classificados como condutores, como os metais. Convecção ocorre entre dois fluidos ou entre sólidos e fluidos. Radiação é a transmissão de calor entre corpos por ondas eletromagnéticas, sem necessidade de matéria que transmita a energia (FROTA e SCHIFFER, 2005).

Uma vez a radiação incidindo em materiais opacos, a propagação da energia que se transforma em calor compõe-se de reflexão e absorção. Pelo princípio da conservação de energia, as duas componentes somadas é igual ao total da energia incidente. A energia absorvida irá se propagar em ondas longas de acordo com a temperatura do material e condições da superfície. A parte da energia que é luz vai se propagar somente por reflexão, pois para a luz o material é opaco. Sendo assim, a reflexão vai ter efeito na transmitância somente se a luz for refletida para a parte posterior da chapa, pela espessura ou pela sua volumetria. (GARG, 1982).

Podemos aplicar esses conceitos ao material em estudo. Ao utilizar uma chapa perfurada com a função de sombrear a radiação solar direta, uma parte da energia solar que incide na chapa será absorvida e retransmitida em forma de calor, ou seja, ondas longas, parte para o exterior, parte para o interior. Como o vidro for opaco a este comprimento de onda, a chapa realmente ocasionará o efeito de sombreamento. Para a luz, contudo, a princípio o material servirá de proteção solar, pois irá refletir para o exterior a radiação por ser um material opaco a luz. Porém, se a chapa refletir a radiação para a sua parte posterior, será transmitida uma parcela da radiação incidente, seja calor ou luz, o que pode ser ocasionado pelo ângulo de incidência e/ou pela geometria da chapa. Para a parte aberta, em ambos os casos, a chapa não irá auxiliar na redução da radiação, o que, dependendo da energia que se necessita bloquear, pode ser necessário soluções complementares.

Assim, a transmitância solar e luminosa nas chapas, sendo perfuradas, é a soma das seguintes parcelas: haverá uma parte que passará diretamente, outra que será a absorvida e depois retransmitida pelo material (somente para transmissão de calor), e quando o raio não incidir perpendicularmente à superfície ou as suas partes, haverá ainda a reflexão dos raios na espessura ou no lado posterior da chapa. Nas medições realizadas, a energia solar - incidente (sensores externos) e a transmitida (sensores posicionados na parte posterior das amostras) - é composta de radiação

direta e difusa, sendo que a energia global é medida com um piranômetro em W/m^2 e a luz, com uma fotocélula, medida em lux.

Conforme mencionado no item 2.3, também contribuem para o controle do ganho de calor se for aplicado a uma certa distância do envidraçado, para não transmitir calor por condução e permitir que por convecção o calor absorvido e retransmitido seja dissipado pela ventilação.

Portanto o resultado da transmitância para diversos ângulos de incidência solar pode ser variável, sendo um efeito resultante da combinação da parte aberta com a opaca, dependendo da volumetria da chapa, das proporções das dimensões dos furos com a espessura da chapa e da forma de aplicação.

No que se refere aos ângulos de incidência solar, os estudos de geometria da insolação utilizam-se, para fins de aplicação em projetos de arquitetura, do que se denomina trajetória aparente do Sol. Neste conceito, adota-se a percepção que se tem do percurso que o Sol descreve na abóboda celeste, mesmo que na realidade seja a Terra que gire em torno do Sol. Além disso, uma vez que o Sol tem dimensões proporcionalmente muito superiores à Terra e também devido à distância entre os dois astros, considera-se que os raios solares incidem em direção paralela. Assim, é possível conhecer os ângulos de incidência solar ao longo dos dias e ao longo do ano em relação a um ponto que está na superfície da Terra. (FROTA, 2004).

Neste modelo de representação da trajetória solar, o ângulo de incidência da radiação solar em relação a um observador que está na superfície da Terra é medido a partir do plano horizontal e é definida a partir de dois componentes: altura solar e azimute solar. A altura solar é o ângulo que o Sol forma com a superfície horizontal, podendo ser de 0º (sol vindo do horizonte) a 90º (zênite, sol a pino). O azimute é o ângulo formado na superfície horizontal a partir da direção do norte verdadeiro. E pode ser medido de 0º a 360º no sentido horário.

As Cartas Solares representam a projeção da trajetória do Sol no plano do horizonte do observador. Então para variadas latitudes são construídas cartas solares com a trajetória do Sol correspondente àquela localidade. Uma vez que a trajetória do Sol define as alturas e azimutes solares para cada local ao longo do ano, adotou-se para a coleta de dados neste trabalho a rotação do plano horizontal para permitir a formação de variados ângulos de incidência dentro do mesmo local de medição e independente do dia e do horário de medição. Assim, a posição da amostra em relação

ao Sol é alterada conforme as alturas e azimutes solares que se deseja medir, a partir da movimentação do aparato de medição, que será detalhado no Capítulo 4.

Dessa forma, os resultados dos diversos ângulos simulados podem ser aplicados para qualquer outra localidade ou posicionamento do material na envoltória, desde que o ângulo de incidência solar formado com a superfície da amostra seja o mesmo que o medido. Ainda que exista uma influência da atmosfera e condições locais, entende-se que, proporcionalmente, a radiação solar é preponderante a estas possíveis variações em determinadas circunstâncias. Assim, pode-se utilizar os ângulos medidos das amostras para qualquer Carta Solar que represente a localidade de aplicação das chapas perfuradas.

A Figura 10 ilustra o sombreamento gerado pelo ângulo de incidência solar, composto de altura e azimute solares para uma determinada hora do dia, de uma haste posicionada sobre o plano horizontal. Na Figura 11, para o mesmo e dia e horário, o plano da haste é rotacionado, resultando em um ângulo de incidência solar (altura e azimute) diferentes ao plano de referência horizontal, pois está em posição distinta. Ainda que o ângulo de incidência real (função da altura e do azimute solares) do sol seja o mesmo, como o plano de referência que era horizontal foi rotacionado, para efeito de resultado da transmitância solar e luminosa, o ângulo de incidência solar formado passa a não ser o mesmo. O valor resultante entre a direção do sol e o plano inclinado foi considerado como altura e azimutes solares, independentemente da posição que adquiriram em relação ao plano horizontal para poder formar o ângulo desejado com o Sol. Mesmo com o plano de referência fora da horizontal nas medições, a nomenclatura “altura e azimute solares” foi mantida devido a intenção de simular os ângulos de incidência de forma análoga a medição sobre o plano horizontal, caso a fonte de energia pudesse ser direcionada para ângulos definidos. A relação desta abordagem com a metodologia adotada para coleta de dados, no que se refere à adoção dos conceitos de altura e azimute solares para plano de referência variável será detalhada no item 4.4 - Procedimentos de medição e cálculo.

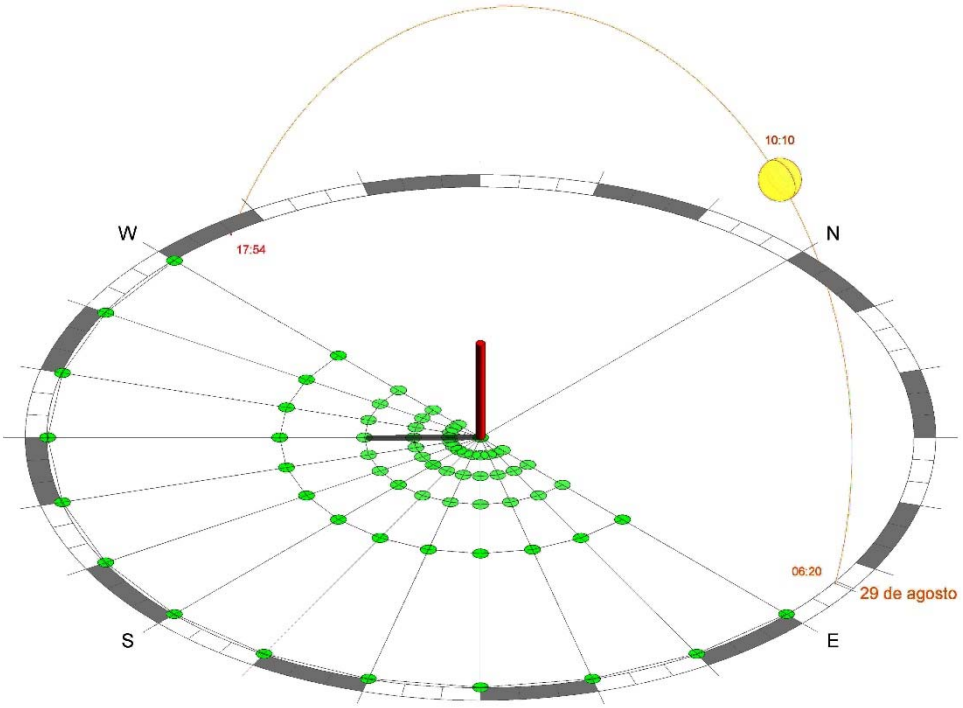


Figura 10 | ângulo de incidência sobre o plano horizontal

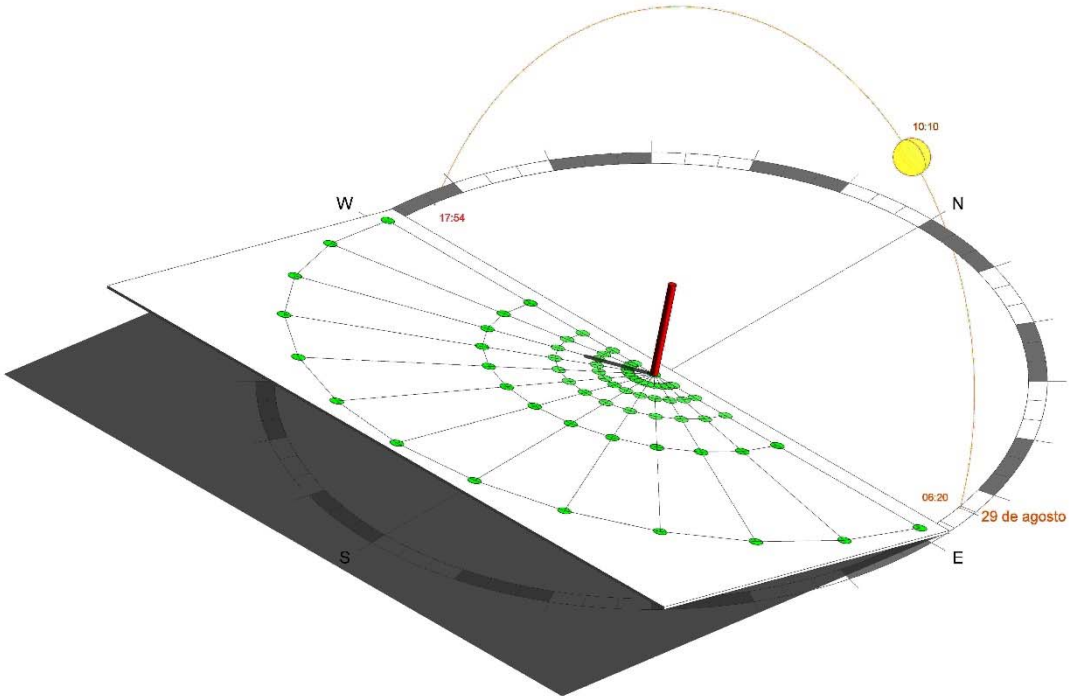


Figura 11 | ângulo de incidência sobre o plano horizontal rotacionado

3.4 Estudos sobre desempenho térmico e luminoso

Os trabalhos citados a seguir tratam de métodos de medição do desempenho térmico e/ou ótico de elementos de proteção solar, e ainda que não sejam exatamente sobre o mesmo objeto de estudo, serviram como exemplo para o trabalho em questão.

Os artigos a seguir tem em comum o fato de ressaltarem os efeitos do uso destes materiais: sombreamento que gera economia de energia e conforto para climas quentes, visão do exterior, melhor aproveitamento da iluminação natural, verificando níveis aceitáveis e controle do ofuscamento.

Simmler e Binder (2008) apresentam um estudo sobre a transmitância solar para um tipo de brise curvo a partir de medições realizadas em um ambiente padrão, em local próximo a Zurique, na Suíça. A influência da distribuição da reflexão direcional foi avaliada para diferentes períodos. Os resultados medidos são comparados com um modelo numérico, chegando a valores satisfatórios.

Kim (2010) testou experimentalmente alguns exemplares de persianas de alumínio perfurado, com diversas perfurações, medindo luminância e iluminância, verificando que a amostra que tem melhor desempenho é a que possui característica de difusão da luz. Afirma que furos maiores que 2mm de diâmetro podem causar ofuscamento no amanhecer ou pôr-do-sol, ainda que sugira furos com 3mm até 1,5m de altura para aumentar a visão do exterior, utilizando furos de 2mm acima desta altura para reduzir a entrada de luz. Também considera que a cor interna da lâmina deve ser clara para evitar contraste excessivo com a luz que entra no recinto, mas sem ser brilhante para não refletir a luz para dentro e também causar ofuscamento.

Sherif et al (2012-A) relatam os resultados de uma investigação realizada para estudar a influência da porcentagem de perfuração de treliçados em madeira, tipo Muxarabi, no desempenho de iluminação natural. O exemplo utilizado é uma sala de estar em um edifício residencial típico e para o clima desértico, e o trabalho teve como objetivo identificar a % mínima de perfuração que fornece níveis adequados de iluminância. Os estudos são feitos a partir de simulação no Radiance.

Sherif et al (2012-B) avaliam quantitativamente a influência % de perfuração e da profundidade de treliças de madeira, tipo Muxarabi, no consumo de energia para resfriamento, aquecimento e iluminação. O estudo foi realizado a partir de simulação

no Energy Plus para o clima desértico. O objetivo do trabalho é definir as configurações ideais para cada orientação de fachada.

O material estudado no artigo, na dissertação e produzido pela empresa citados a seguir foram os materiais publicados encontrados que mais se assemelham ao objeto de estudo deste trabalho. Appelfeld (2012) avalia o desempenho térmico, luminoso e de consumo de energia de uma tela microperfurada a partir de método experimental em campo e em laboratório em um sistema em conjunto com janela envidraçada para diversas épocas do ano, uma vez que o desempenho do sistema varia segundo os ângulos de incidência solar. Os resultados obtidos foram confrontados com outros três sistemas de janelas distintos, a saber: somente vidro, persiana e veneziana. As simulações realizadas foram validadas a partir de comparação com os ensaios. Este trabalho visou estabelecer procedimentos para o conhecimento do desempenho no desenvolvimento de sistemas de janelas ou ter dados sobre elas de forma a permitir a avaliação dos projetos nas fases iniciais.

Rossi (2001) avaliou experimentalmente a redução da iluminância, a perda de carga e a diferença na visibilidade através do material de três exemplares de chapas, sendo duas de alumínio expandido e uma em aço carbono perfurada, em quatro orientações: leste, oeste, norte e sul. As medições das amostras expandidas incluíram rotação em quatro posições, a saber: horizontal com abertura para baixo e para cima, lateral com abertura para direita e para esquerda. E foi comparado com o mascaramento proporcionado pela geometria da amostra. O estudo menciona a ausência de normas para execução de experimentos e desenvolve um forma de medição da transmitância luminosa das amostras, a partir da confecção de duas caixas pintada de preto internamente dentro da qual é colocada um luxímetro, uma com a amostra outra sem.

No mercado, a empresa GKD, que produz telas metálicas e mais recentemente metal expandido, possui em seu catálogo, além de informações de perfuração da malha, transmitância solar e luminosa para algumas alturas solares de alguns tipos de telas, seguindo normas europeias, que serão abordadas no item 3.5. No *site* há menção a avaliação de conforto oferecido pela própria empresa para uso de seus produtos. Entretanto, em empresas nacionais não foram encontrados informações sobre transmitância solar e luminosa deste tipo de produto.

De maneira geral, os materiais citados, ainda que ofereçam informações sobre o tema e apontem levantamento de outros estudos relacionados, ressaltam a

escassez de trabalhos que quantifiquem o desempenho, seja por método analítico, simulação, laboratório ou medida de campo.

Os artigos mencionados ressaltam a carência de dados para elementos de proteção da envoltória, dentro do qual estão incluídos o objeto de estudo. Outro aspecto destacado é a complexidade de modelagem destes elementos em simulações, o que ressalta a importância da realização de experimentos.

3.5 Normas para avaliação do desempenho térmico e luminoso

Conforme mencionado no item 3.4, a empresa GKD, fabricante de telas metálicas, disponibiliza dados de transmitância e refletância luminosa e *SGHC*[1] de parte de seus produtos, adotando procedimentos descritos nas normas europeias EN 410 "*Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing*" e EN 13363-1 "*Solar protection devices combined with glazing - calculation of solar and light transmittance*".[2]

A EN 410 é um método de ensaio laboratorial da transmitância de vidros a partir de medição espectral da radiação, sendo assim, o escopo da norma não é para materiais opacos. A EN 13363 – 1 é um método de cálculo simplificado da transmitância solar e luminosa dispositivos de proteção solar calculadas com vidro especular. As duas normas consideram também incidência paralela dos raios e em ângulo normal à fachada, não tratando especificamente de materiais opacos com aberturas.

A American Society for Testing and Materials possui duas normas para medição a céu aberto para materiais em folha. O escopo das normas ASTM E972 “Standard Test Method for Solar Photometric Transmittance of Sheet Materials Using Sunlight”[3] e a ASTM E1084 “Standard Test Method for Solar Transmittance (Terrestrial) of Sheet Materials Using Sunlight”[4] é especificamente materiais em folha

[1] *SHGC - Solar Heat Gain Coefficient* – coeficiente de ganho de calor solar – é a taxa de calor total que passa pelo sistema do componente com vidro comum

[2] EN 410: Vidros em edificações – determinação das características luminosas e solares de envidraçados; EN 13363-1: Dispositivos de proteção solar combinados com vidros – cálculo da transmitância solar e luminosa. Parte 1: Método Simplificado. (tradução nossa)

[3] (ASTM, 2007) Método de Teste para Transmitância Fotométrica de Materiais em Folha usando Radiação Solar (tradução nossa)

[4] (ASTM, 2009) Método de Teste para Transmitância Solar (Terrestre) de Materiais em Folha usando Radiação Solar (tradução nossa)

transparentes, translúcidos, texturizados, estampados, corrugados, reforçados com fibra e também a materiais com transmitância reduzida pela existência de uma camada superficial refletiva. Também é aplicável a materiais com características não homogêneas, nas quais a transmitância é considerada como a média da área total da amostra, grande o suficiente em comparação com as heterogeneidades do material.

A norma menciona a aplicação do método de teste para os materiais listados acima, porém não cita em específico chapas metálicas perfuradas, ainda que também não faça nenhuma ressalva a este tipo de material, nem indica especificamente como tratar esses casos. Cita ser aplicável a materiais com características não homogêneas. Assim, foi considerado que as chapas perfuradas se enquadram neste tipo de material por ter características de material opaco e ar, mesmo que não seja especificado o tipo de heterogeneidade pode ser incluída nem qual a proporção limite para essas variações em relação ao tamanho da amostra. O método é aplicável para medição de transmitância em incidência normal à superfície e diferente da normal até 60º.

A primeira norma, publicada em 1996 e reaprovada em 2007, pois prativamente não houve alterações em relação à versão anterior, descreve um padrão de teste para a determinação da transmitância luminosa de materiais em formato de lâmina e remete-se à segunda, no que diz respeito ao conjunto de especificações do preparo dos aparatos, dos procedimentos de coleta de dados, da preparação das amostras, foi publicada em 1986 e reaprovada em 2009, também mantendo praticamente inalterada a versão anterior. A segunda descreve o mesmo padrão de teste, porém para determinar a transmitância solar.

Em linhas gerais, o procedimento de medição consiste em colocar a amostra entre o caminho dos raios do sol e a fotocélula/piranômetro. O sensor deve ficar atrás da amostra, dentro da caixa, de forma que o fluxo incida perpendicularmente tanto à superfície a ser medida quanto ao sensor. A caixa é fechada em todas as demais faces, para evitar a entrada de luz do exterior por outras direções. O fundo interno da caixa deve ser não refletivo, para não gerar múltiplas reflexões internas entre a caixa e a amostra, duas situações que alterariam os valores medidos. A transmitância solar ou luminosa do material testado, segundo a norma, é a razão entre o fluxo que atravessa a lâmina e o fluxo incidente sobre a lâmina (ambiente externo), em porcentagem.

3.6 Considerações Finais

Embora as telas metálicas produzidas pela GKD sejam semelhantes ao material em estudo, optou-se por adotar as normas da ASTM levando em conta algumas considerações sobre o método utilizado pela empresa. A norma EN 13363-1 é destinada a ensaio de sistema de proteção de fachada incluindo o envidraçado, que pode ser útil para aplicações específicas, mas limitantes no sentido da aplicação para outros sistemas. A norma EN 410 tem como escopo a medição de vidros, assim não seria o procedimento a ser seguido por não ser o mesmo tipo de material. Além disso, o ensaio laboratorial depende de equipamentos adequados para as características específicas das amostras estudadas, no que se refere ao tamanho dos furos e feixe do sensor. Por outro lado, a medição a céu aberto reflete condições reais a que o material é submetido, tornando os resultados aplicáveis mais diretamente.

A partir das referências localizadas, seja de artigos, trabalhos de pós-graduação ou mesmo das normas mencionadas, não se encontrou um modelo de teste padronizado para o material pesquisado ou resultados que pudessem servir de comparação para o trabalho de coleta de dados realizado, de forma que parte dos dados coletados inicialmente foram necessários para estabelecer essas informações.

O detalhamento da norma abordando os pontos: aparato, amostras, procedimentos de medição e cálculo, assim como os resultados são descritos e discutidos no Capitulo 4.

Capítulo 4

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E LUMINOSO DE CHAPAS PERFURADAS

Neste capítulo são detalhadas todas as etapas de preparação, levantamento e resultados dos ensaios para a determinação da transmitância solar e luminosa de chapas metálicas perfuradas.

4.1 Considerações Iniciais

Uma vez selecionado o método a ser usado para realizar experimentos com as chapas, neste capítulo é descrita toda a preparação para a realização dos experimentos e são detalhados os procedimentos indicados pela norma e as etapas que foram adotadas, avaliadas e aprimoradas.

Este capítulo está dividido em tópicos conforme enumerado a seguir: objetivos, métodos, procedimentos de medição e cálculo, equipamentos e aparato de ensaio, amostras estudadas, área para a realização dos ensaios, levantamentos empíricos, tratamento dos dados e avaliação dos resultados.

4.2 Objetivos

Assim como já enunciado no Capitulo 1 – Introdução, o objetivo geral deste trabalho é a avaliação do desempenho térmico e luminoso de chapas metálicas com

diferentes padrões de perfurações. Para alcançar tal objetivo, foi adotado método empírico utilizando como referência as normas ASTM-E972 e ASTM-E1084. A partir dos dados coletados, pretende-se estabelecer a tendência de comportamento para os diversos tipos de chapas estudados.

Em função deste objetivo principal uma série de objetivos específicos foram definidos e são descritos a seguir. Dentro do propósito de avaliação do material, os procedimentos de medição também são investigados de três formas. Primeiro, foram desenvolvidos, em termos de projeto, instrumentos e peças complementares para auxiliar na medição de diversos ângulos de incidência, com base nas diretrizes colocadas pela norma. Em segundo lugar, foi avaliado se o aparato utilizado, em especial a caixa, é eficiente para a medição de amostras com perfuração, indicando a aplicabilidade do método escolhido para este tipo de material. Em terceiro lugar, foram testadas algumas variações dos parâmetros colocados pela norma, especialmente quanto aos procedimentos de medição.

4.3 Métodos

O método usado para os experimentos e cálculos dos resultados de cada amostra foi baseado nas normas ASTM-E972 e ASTM-E1084. Nos tópicos 4.4 a 4.10 são descritas as recomendações da norma para os procedimentos de medição e cálculo, para os equipamentos e aparato a serem utilizados. Na sequência, são descritos o material que foi testado, os experimentos realizados e a avaliação dos resultados.

A partir dos resultados da coleta de cada amostra, utilizando-se de método experimental descrito pela norma, e método correlativo, foram estabelecidas relações entre os dados coletados das amostras, a saber: variação da transmitância com alteração da altura e do azimute, relação entre transmitância para os diversos ângulos de incidência medidos e % de perfuração da amostra, relação entre transmitância solar e luminosa para cada par de ângulos medido. Com o uso do método comparativo foram estabelecidas comparações destes resultados entre as amostras com características semelhantes.

4.4 Procedimentos de medição e cálculo

Em termos de procedimentos para a realização de ensaios dos materiais, a norma indica as condições da área de estudo a ser escolhida para que se efetuem as medições adequadamente:

A - Céu - dia ensolarado sem nuvens a menos de ±15º do sol

B - Radiação - mínimo de 700 W/m² na direção perpendicular ao sol e irradiação constante dentro de 1% durante os testes individuais

C - Período de medição - próximo ao meio-dia, ±3 horas no máximo

D - Entorno - livre de obstruções ao sensor

Em relação aos procedimentos de medição, a norma indica:

A - posicionar a caixa perpendicularmente aos raios solares ou inclinadamente em relação a estes em até 60º, com tolerância de até 4º para cada medição

B - medir a iluminância/radiação solar sem a amostra, após estabilizar o sensor

C - medir a iluminância/radiação solar com a amostra, após estabilizar o sensor

D - repetir as medições B e C no mínimo 5 vezes ou o suficiente até que o desvio padrão estimado do valor médio seja aceitável para a transmitância calculada

E - para amostras de transmitância não-uniforme, fazer a etapa D, mudar a amostra de posição na caixa e repetir a etapa D, para obter a média das transmitâncias

F - alinhar a caixa ao sol pelo menos a cada 15 minutos

G - fazer medições em diferentes locais

H - não deixar a amostra na caixa por períodos superiores a 10 minutos, para evitar erros de medida e possíveis danos aos equipamentos

A partir dos dados coletados, deve-se proceder o cálculo da seguinte forma:

A – calcular a transmitância solar/luminosa da amostra como a razão entre o fluxo medido quando a amostra é posicionada entre o sol e o sensor e o fluxo medido pelo sensor sem nenhuma amostra

B – Calcular o desvio padrão estimado da transmitância média da amostra utilizando a seguinte equação:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} (\bar{\tau} - \bar{\tau}_j)^2}{(n)(n-1)}}$$

em que:

S_r, o desvio padrão estimado da média,

τ = a transmitância média,

j = a jesima medição individual da transmitância, e

n = número de medições individuais feitas.

A metodologia adotada aborda a possibilidade de variação de ângulos medidos além da incidência normal (procedimento A de medição). Dentro desta abordagem, neste trabalho foi estabelecida uma relação entre o ângulo de incidência formado com a amostra e a correspondência deste ângulo em termos de altura e azimute solares. Ainda que a norma não mencione os dois tipos de ângulos, entende-se que o ângulo de incidência inclui estes dois componentes. Conhecendo somente a transmitância da amostra para determinado ângulo de incidência, na etapa de projeto seria necessário, uma vez definida a posição da chapa, conhecer a altura e o azimute solar em relação à posição de aplicação da superfície do material para depois utilizar os dados coletados e fazer a correspondência.

Uma vez definida uma posição de aplicação da chapa durante as medições, no caso a posição horizontal, o que em geral não corresponde a posição horizontal na medição, teve-se o objetivo de permitir a utilização futura dos resultados, tanto para esta quanto para diversas posições de aplicação das chapas, bem como para diferentes localidades. Deste modo, a variação de ângulo de incidência da normal até 60º corresponde a uma altura solar de 30º até 90º e de azimute de 0 a 60º.

4.5 Equipamentos e aparato de ensaio

A seguir são descritas as recomendações da norma para o aparato e equipamentos para a realização dos experimentos, a saber: caixa, haste para suporte dos sensores, goniômetro de três eixos, rastreador solar, piranômetro e fotocélula.

Caixa

Para a realização das medições, a ASTM-E1084 recomenda uma caixa que possa abrigar uma amostra de dimensões mínimas de 60 x 60 cm, com uma abertura livre de 50 x 50 cm. Deve-se prever também uma fácil movimentação da amostra, assim como a possibilidade de sua substituição de forma sistemática.

Na parte superior das paredes internas da caixa devem ser posicionados espelhos possuindo refletância solar especular ≥ 0,85, podendo ser substituídos por filme de alumínio anodizado brilhante ou vidros espelhados convencionais.

As paredes internas e fundo devem ser pintados de preto para que a reflexão solar seja inferior a 0,10. Saídas de ar na parte superior e inferior da caixa são recomendadas para auxiliar o resfriamento de todos os componentes quando a amostra está na caixa.

A finalização da borda superior da caixa é feita por meio de cantoneiras em chapa dobrada metálica ou de madeira com topo pintado de preto.

A caixa utilizada neste trabalho foi desenvolvida para a pesquisa sobre cobertura têxteis (ALUCCI, 2005). Neste trabalho são relatadas algumas adaptações feitas na norma para a elaboração da caixa, como o acréscimo de uma tampa para fixação da amostra, que é facilmente aberta pela existência de dobradiças e presa à caixa com parafusos borboleta.

Outra alteração foi em relação à previsão de aberturas na caixa, as quais não foram feitas, pois a norma não descreve em detalhes esse aspecto e que pelo curto período de medição foi considerado desnecessário evitando entrada de radiação por elas. A tinta utilizada não foi a recomendada pela norma, sendo aplicado produto similar disponível no mercado, tinta esmalte fosca preta.

O interior da caixa é separado da amostra por uma tela perfurada de borracha na cor preta com uma abertura central para o encaixe da fotocélula, de forma a também ser um anteparo a reflexões no interior da caixa, sem, no entanto, impedir a ventilação no interior da caixa.

A Figura 12 e a Figura 13 ilustram a caixa recomendada pela norma e a caixa elaborada para a realização dos ensaios.

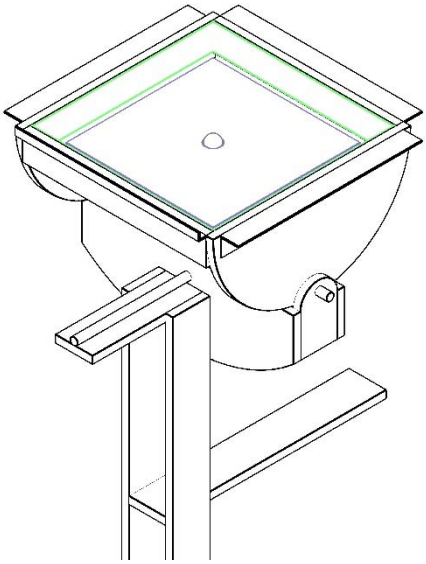


Figura 12 | Caixa recomendada pela norma *(fonte: elaborado pela autora)*

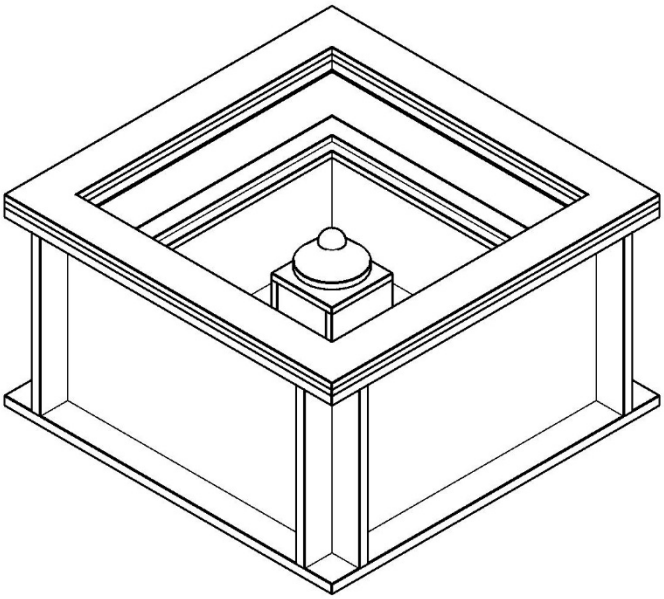


Figura 13 | Caixa elaborada para a realização dos experimentos *(fonte: elaborado pela autora)*

Os materiais utilizados para a confecção da caixa foram:

- MDF
- Espelho
- Tela vazada preta
- Tinta preta
- Cola de madeira
- Cola de contato
- Parafusos borboleta
- Parafusos de madeira
- Dobradiças metálicas

Montante equatorial

Para o controle dos ângulos de incidência solar nas medições da transmitância solar e luminosa, a norma indica o uso de um montante equatorial para suporte da caixa, que fica apontado para o norte, inclinado conforme a latitude e com o eixo principal paralelo ao eixo de rotação da Terra. Neste trabalho, para cumprir este papel foram desenvolvidos dois instrumentos: goniômetro de três eixos e rastreador solar, descritos a seguir.

Goniômetro de três eixos

Para compor os diversos pares de ângulos de medição foi elaborado um goniômetro de três eixos em cima do qual a caixa foi fixada. Este instrumento é composto de três partes: inferior, intermediário e superior. Cada um dos suportes permite giro em um eixo, perpendiculares entre si.

O conjunto foi projetado de forma que o suporte inferior tem rotação de 360º e os demais de 180º. O giro da parte inferior ocorre pela colocação de 4 rodízios que foram fixados na mesma, permitindo giros para a direita e para a esquerda.

O goniômetro foi dividido em 3 partes que são encaixadas por meio de gonzos (peça pré-fabricada utilizada em portões) para ter uma montagem fácil e precisa para as medições e permitindo desmontagem para locomoção. As três partes juntas formam o instrumento, e desencaixadas, a superior se apoia na caixa e ambas cabem dentro da intermediária, que fica apoiada sobre a inferior, tornando possível a acomodação das partes em porta-malas de veículo tipo utilitário.

As dimensões adotadas para as partes foram as seguintes: o suporte inferior tem dimensões totais de 92 x 92 x 20cm (h), o suporte intermediário 92 x 92 x 50cm (h) e o suporte superior tem 72 x 72 x 45cm (h). A parte inferior foi dimensionada de tal forma que em qualquer inclinação que a caixa fosse posicionada o conjunto permanecesse estável sem tombar. A altura final do conjunto ficou com cerca de 110cm, de forma que a troca das amostras ficasse de fácil manuseio com a caixa sobre o goniômetro. Podemos identificar as três partes do goniômetro como segue: base quadrada, base triangular e base “U”.

Os componentes utilizados na confecção das partes integrantes são:

- Materiais comerciais encontrados no comércio de estruturas mecânicas composto de perfis estruturais metálicos tipo metalon 25x25mm
- Rodízio de 15 cm com giro e rotação
- Pintura de acabamento com “spray” sintético sobre fundo anticorrosivo
- Porcas comerciais, nas quais foram soldadas hastes metálicas para aumentar a capacidade de torque e aperto das porcas.

Figura 14 | Goniômetro de três eixos

Como é mostrado na Figura 14, a parte superior é composta por uma trave invertida com um mancal de giro em cada ponta. Por dentro dos mancais passa um eixo no qual está fixo um quadro feito em perfil de serralheiro tipo cadeirinha. Em cada uma das extremidades do eixo foi soldada uma chapa metálica em formato de transferidor com uma fenda semi-circular. Em cada lado da trave foi soldado um parafuso de diâmetro 10 mm. O quadro fixado no eixo bascula em relação a trave guiado pelo parafuso que corre dentro da fenda, permitindo um giro nos dois sentidos de 90º.

A parte intermediária é composta por dois “V” invertidos com um mancal no vértice. Assim como na parte superior, um eixo gira dentro dos mancais e na extremidade de cada eixo também se encontra uma chapa metálica com formato de transferidor atuando como descrito na parte superior, ilustrado na Figura 15. Na base dessa parte tem uma travessa com a finalidade de travar o conjunto.

As hastes foram revestidas com tubo plástico para proteção das mãos para exercer o torque de fixação. O parafuso foi fixado na estrutura metálica e corre guiado dentro de uma fenda semi-circular recortada em uma chapa metálica com formato de transferidor por processo de corte à plasma. A movimentação do parafuso fixado na estrutura dentro desta guia permite posicionar a caixa em diversas inclinações.

Figura 15 | Transferidor com fenda-guia

A parte inferior é formada por um quadro de perfis tipo metalon e nele são fixados os rodízios. O formato da base permitiu a colocação de uma peça de madeira compensada onde eventuais ferramentas utilizadas na montagem e nas medições poderiam ser armazenadas. A prática mostrou que esta previsão foi bastante útil.

Rastreador solar

Para a medição de variados ângulos de incidência foi elaborado um rastreador solar proporcional a uma haste com altura igual a 5 cm, mostrado na Figura 16. As sombras da haste são projetadas em uma base de chapa de alumínio com dimensões de 40 x 72cm para ser encaixado sob a moldura da parte superior do goniômetro. As linhas que representam as alturas solares e azimutes e a circunferência que indica a

tolerância de 4º foram registrados na chapa por processo de corrosão e os sulcos foram pintados de preto para ter contraste com a cor da chapa. A superfície da chapa sofreu um tratamento químico para retirar o brilho reduzindo a reflexão dos raios solares e eliminando o ofuscamento quando da leitura dos ângulos. Como acabamento, também recebeu pintura anti-reflexo transparente.

O rastreador foi preso ao goniômetro por canaletas tipo “U” fixadas com fita dupla face. Um grampo de cada lado do rastreador foi usado para garantir o alinhamento desta superfície com a base da caixa. Esta fixação, além do alinhamento, garante que esta chapa se mantivesse solidária ao conjunto garantindo que medições com ângulos extremos não deslocassem o rastreador.

A haste, de diâmetro 2mm e altura 5 cm, foi pintada de vermelho para maior destaque visual e é fixada no rastreador por um par de imãs colocados por cima e por baixo da chapa permitindo uma fácil montagem e desmontagem do conjunto e uma melhor conservação da peça.

Conforme descrito no item Fenômenos físicos envolvendo radiação solar3.3 - Fenômenos físicos envolvendo radiação solar, o ângulo de incidência solar é composto de altura e azimute, sendo que a altura solar varia de 0 a 90º (de horizonte até zênite) e o azimute de 0 a 360º (a partir do norte verdadeiro). Para determinar as transmitâncias solar e luminosa das chapas perfuradas, uma vez que os ângulos de incidência formados em relação a amostra são: altura de 0 a 90º (de paralelo até perpendicular) e azimute de 0 a 90º (de frente até totalmente lateral para ambos os lados), bastaria que fosse elaborado uma base de projeção das sombras da haste de 0 a 90º tanto para altura solar quanto para azimute, sendo este somente para um dos lados, considerando ainda que há simetria da incidência solar no período da manhã e da tarde e caso a fonte de energia fosse fixa.

Devido ao período de medição ser realizado tanto de manhã quanto à tarde, que altera a direção da sombra lateralmente ora para a direita e para a esquerda, o desenho resultante foi a projeção dos ângulos de azimute de 0 a 90º para ambos os lados, para tombamento lateral da caixa. Para ter um efeito semelhante a projeção de 360º para o azimute, que era necessário dependendo do horário da medição, o rastreador associado ao aparato seria girado em 180º, para que a sombra sempre ficasse projetada para o lado da chapa. Para a altura solar, os ângulos marcados na chapa variam de 15º a 90º, e para o azimute, de 0 a 90º, ambos a cada 15º.

A leitura da sombra em algumas situações se mostrava mais difícil pois ao alinhar a sombra da haste com as linhas dos azimutes, cujos sulcos foram pintados de preto, não era possível visualizar o comprimento da sombra. Ao posicionar o conjunto levemente fora do alinhamento antes de travar os parafusos e em seguida ajustar o conjunto para a direção desejada, permitiu identificar corretamente a posição da sombra.

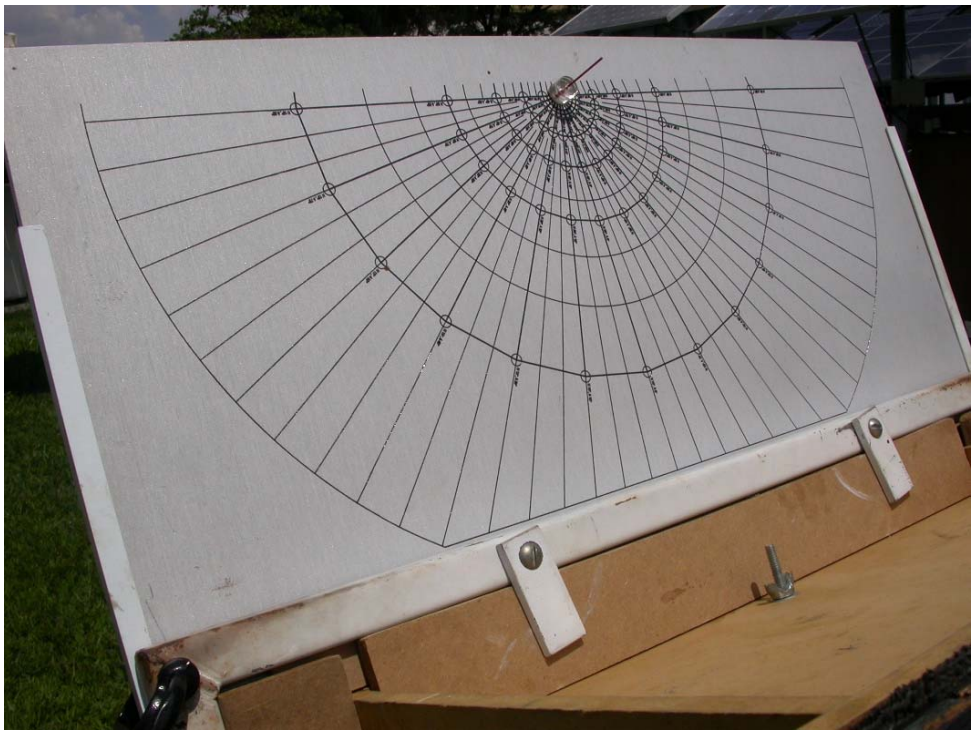


Figura 16 | Rastreador solar

Haste para o suporte dos sensores externos

Foi elaborada uma haste para fixar os sensores junto da caixa de medição, mostrada na Figura 17. A haste é encaixada na caixa de forma que possa ser facilmente desmontada para transporte. Foram realizados três testes: base fixa, faceando a caixa base ajustável, para permitir regulagem da altura da base em relação a tampa da caixa e consequente posicionamento do sensor alinhando com esta e suporte para barra roscável. Para este último, foram testados dois comprimentos de barra, de forma que o piranômetro ficasse mais longe da caixa possível para não fazer sombra neste. Foi adotado o último suporte testado para os experimentos descritos neste trabalho, com a barra mais curta devido à flexão ocasionada na barra mais longa pelo peso do piranômetro posicionado na ponta. As bases foram confeccionadas em aço inox e a parte dos suportes que fixavam na caixa foram pintados de preto fosco para evitar reflexão para o interior da caixa.

Figura 17 | Haste para suporte dos sensores externos

Sensores e demais equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização do trabalho de campo foram: piranômetro – sensor de radiação solar global, fotocélula – sensor de radiação solar visível e estação meteorológica com datalogger CR 800 da Campbell. Além destes, também foram necessários para os trabalhos: câmera fotográfica com lente olho de peixe, câmera fotográfica digital e panorâmica e computador portátil.

O piranômetro utilizado foi o modelo CMP 3 da Kipp & Zonen, que segue as especificações da norma, e tem as características abaixo. Estes sensores, pertencentes ao LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, foram testados comparativamente durante esta pesquisa com sensores calibrados do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos (LSF) do IEE-USP (Instituto de Energia e Ambiente. Os sensores têm as seguintes características, listadas na Tabela 1:

- *ISO CLASSIFICATION Second Class*
- *Response time (95%) 18 s*
- *Zero offsets*
- *(a) thermal radiation (200 W/m²) ± 15 W/m²*
- *(b) temperature change (5 K/hr) ± 5 W/m²*
- *Non-stability (change/year) ± 1%*
- *Non-linearity (0 to 1000 W/m²) ± 2.5%*
- *Directional error (at 80º with 1000 W/m² beam) ± 20 W/m²*
- *Temperature dependence of sensitivity ± 5%*
- *Tilt error (at 1000W/m²) ± 3%*
- *Other specifications*
- *Sensitivity 5 to 20 µV/W/m²*
- *Impedance 20 to 200 Ω*
- *Level accuracy 1º*
- *Operating temperature -40 to +80ºC*
- *Spectral range (50% points) 310 to 2800 nm*
- *Typical signal output for atmospheric applications 0 to 15 mV*
- *Maximum irradiance 2000 W/m²*
- *Expected daily uncertainty ± 10%*
- *Recommended applications: Economical solution for routine measurements in weather stations, field testing*

Tabela 1 | Características do sensor de radiação global (piranômetro)

A fotocélula utilizada, modelo 210-SA da marca Li-Cor foi instalada na estação meteorológica com o uso do adaptador milivolt 2290. Estes sensores, também pertencentes ao LABAUT foram testados comparativamente durante esta pesquisa com sensores calibrados do IEE – Instituto de Energia e Ambiente. Os sensores tèm as seguintes características, listadas na Tabela 2:

- Sensitividade: tipicamente 20 µA por 100 klux
- Linearidade: desvio máximo de 1% até 100 klux
- Estabilidade: mudança < ± 2% ao longo de um ano
- Tempo de resposta: 10 µs
- Dependência de temperatura: ± 15% por °C no máximo
- Correção de cosseno: corrigido até um ângulo de incidência de 80º
- Azimute: < ± 1% de erro em 360° e uma elevação de 45°
- Inclinação: não há erro induzido pela orientação
- Temperatura de operação: -20 a 65 ºC
- Umidade relativa: de 0 a 100%
- Detector: detector de silício de alta estabilidade
- Acabamento do sensor: invólucro a prova d'água de alumínio anodizado com um difusor acrílico e hardware de aço inoxidável
- Comprimento do cabo: 3,0m
- Adaptador millivolt 2290 da Li-Cor

Tabela 2 | Características do sensor de luz (fotocélula)

4.6 Amostras estudadas

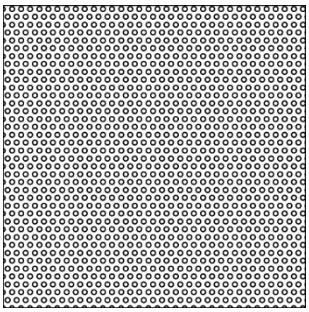
Foram testadas 10 amostras de chapas com diferentes padrões de perfuração, numeradas de 01 a 10 aleatoriamente, das quais oito são chapas perfuradas, sendo cinco com perfuração em formato redondo, e as outras três, a saber: retangular, oblonga e quadrada. No conjunto destas chapas a porcentagem de perfuração varia de 22,7 a 74,6%. A espessura das chapas varia de 0,5 a 1,5 mm. As outras duas são chapas expandidas, com perfuração de 40%.

Para as chapas com furo redondo, os diâmetros do furos variam de 0,6 a 17 mm. Nos demais tipos de furos o tamanho de cada abertura varia de 0,5 x 4 a 3 x 10 mm. Para as chapas expandidas das dimensões das aberturas são: 3 x 11 mm.

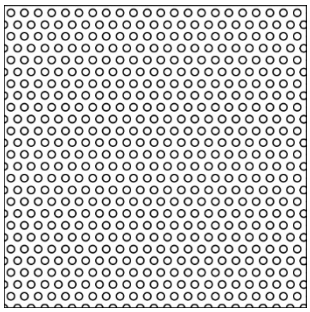
Para as amostras de furo não redondo, além das medidas com a abertura na direção horizontal, a posição da chapa foi rotacionada 90º alterando a direção das aberturas para vertical. O resultados são apresentados nos gráficos, indicados pelo número “(2)” ao lado da numeração da amostra.

Na Figura 18 são apresentadas a identificação das amostras das chapas sem acabamento com a respectiva indicação da perfuração. A determinação da sequência de medição foi aleatória, não sendo determinada pela gradação da perfuração nem por tipo de furo ou numeração da amostra. Na Figura 19 são mostradas as chapas expandidas.

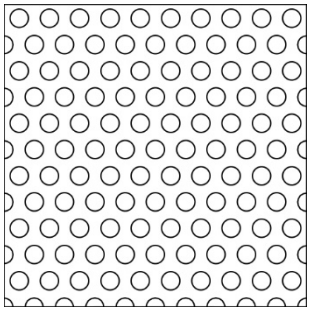
Figura 18 | Chapas perfuradas sem pintura (continua)



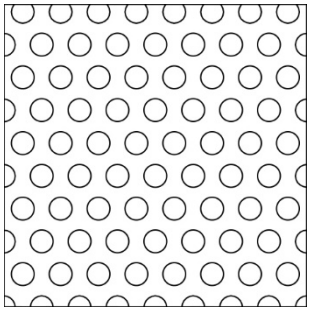
Amostra 03
22,7%



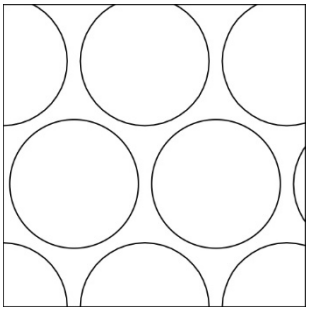
Amostra 04
22,7%



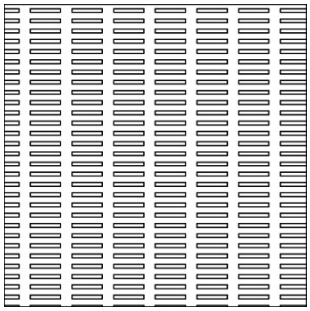
Amostra 07
32,6%



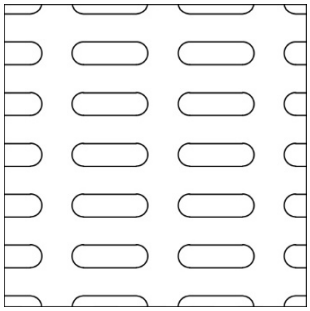
Amostra 08
32,6%



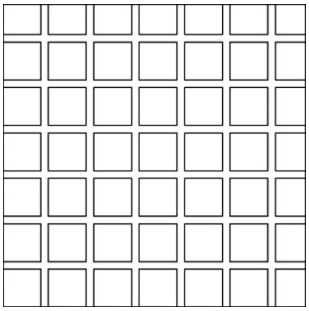
Amostra 02
74,6%



Amostra 09
Retangular
26.9%



Amostra 05
Oblongo
29.9%



Amostra 01
Quadrado
44,4%

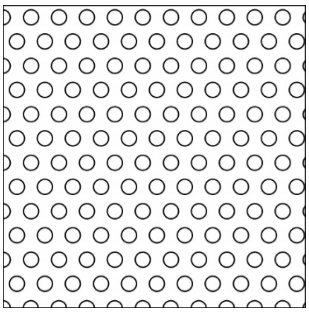
Figura 18 | Chapas perfuradas sem pintura

Amostra 06
Veneziana
40,0%

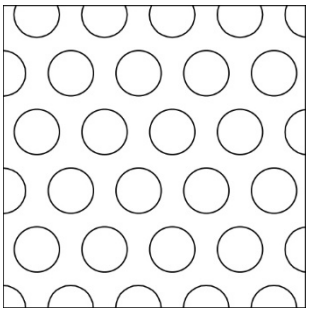
Amostra 10
Veneziana
40,0%

Figura 19 | Chapas expandidas

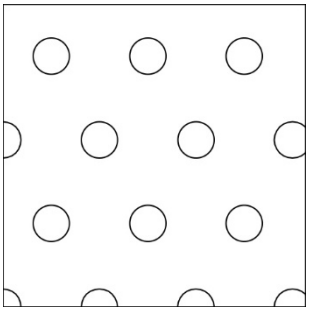
Também fazem parte do conjunto de amostras testadas chapas e telhas metálicas perfuradas pintadas em diferentes cores. Foram testadas 14 amostras, numeradas de 101 a 114 aleatoriamente, sendo 6 chapas e 8 telhas. A perfuração de todas as chapas é redonda, e a área aberta varia de 14 a 40%, conforme ilustrado na Figura 20. As cores das amostras são: clara (branca e bege – 8 amostras), média (cerâmica – 3 amostras) e escura (azul escuro – 3 amostras), distribuídas da seguinte forma: 8 claras, 3 médias e 3 escuras. A dimensão dos furos varia de 2.0 a 6.0 mm e a espessura de todas as amostras pintadas é 1.0mm.



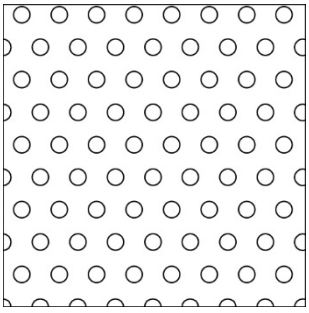
Amostra 101 e 111
(furo pequeno - 2,0 mm)
22,7%



Amostra 102, 107, 112 e 113
(furo grande – 6.0 mm)
40,3%



Amostra 103, 104, 105, 106, 110 e 114
(furo médio – 4.8 mm)
14,0%



Amostra 108 e 109
(furo pequeno – 2.2 mm)
17,6%

Figura 20 | Chapas e telhas perfuradas com pintura

Identificação das dimensões das amostras

Para identificar as áreas de abertura das amostras indicadas nas figuras 16 a 18, com o objetivo de comparar as perfurações com a coleta de dados de transmitância, fez-se necessário realizar procedimentos de aferição das medidas das chapas perfuradas.

Inicialmente, foi realizada a digitalização das amostras sem pintura (08 amostras) com o uso de scaner. Este processo revelou-se impreciso para a determinação do tamanho das aberturas das amostras, mesmo com alta resolução (600 dpi), independente se com alto contraste (PB) ou em tons de cinza, especialmente para as de furo com menor dimensão.

Posteriormente, utilizou-se uma câmera digital com tripé no modo macro, para que a fotografia tirada próxima à amostra ficasse no foco. Na imagem da amostra foi registrado também um paquímetro para servir de escala.

A partir disso, as imagens foram dimensionadas em escala no computador, e assim mediu-se as aberturas e a distância entre os furos. Com esses valores, foi calculado a % de perfuração, como podemos ver na Figura 21 e na Tabela 3.

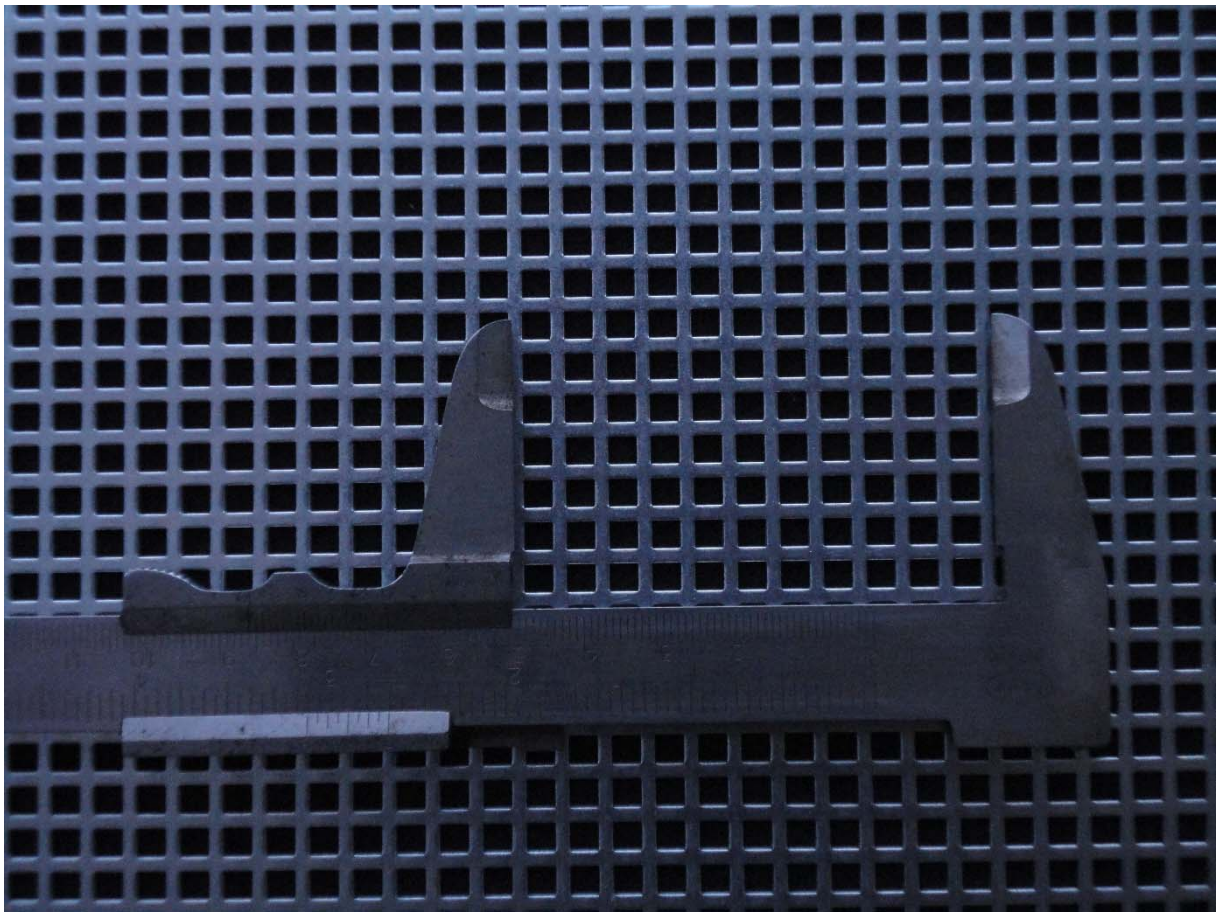


Figura 21 | Foto da Amostra 01

No caso das amostras com furos de formato redondo, estes estavam dispostos de forma alternada, formando 60º entre o centro dos furos adjacentes. Já nas demais amostras, os furos estão dispostos de forma alinhada. Assim, para efeito de cálculo da área perfurada, para furos redondos, foi adotado a área do furo sobre a área de um paralelogramo com inclinação de 60º, e lado igual a distância entre furos. Para os demais tipos de furo, a perfuração é igual a área de um furo sobre a área definida pela distância entre os centros no sentido longitudinal e transversal.

AMOSTRA	FORMATO DO FURO	DIMENSÕES DO FURO (D) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE CENTROS (C) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (H) [mm]	% PERFURAÇÃO (P) [%]
amostra 01	quadrado	4,0 x 4,0	5,9	5,9	46,4%
amostra 02	redondo	∅ 17,0	18,7	16,2	74,6%
amostra 03	redondo	∅ 0,6	1,2	1,0	23,1%
amostra 04	redondo	∅ 0,96	1,8	1,6	24,5%
amostra 05	oblongo	2,9 x 9,55	13,3	6,4	30,5%
amostra 07	redondo	∅ 2,32	3,9	3,4	32,4%
amostra 08	redondo	∅ 2,97	4,8	4,2	34,8%
amostra 09	retangulo	0,31 x 3,77	4,9	1,1	21,3%
amostra 10	redondo	∅ 0,96	1,8	1,6	25,0%

Tabela 3 | Dimensão das amostras a partir de medição em imagem digital

onde:

C = distância entre centros = lado do triângulo (para furos redondos);

C = distância entre centros = distância entre centros no sentido longitudinal (para demais tipos de furos);

H = altura do triangulo (para furos redondos); o lado do triângulo é igual à distância entre centros;

H = distância entre centros no sentido transversal (para demais tipos de furos);

P = % de perfuração = área de um furo / área do paralelogramo de lado dist. entre furos

P = % de perfuração = área de um furo / dist entre centros*h (para demais tipos de furos)

Para efeito de comparação, estas amostras foram medidas com paquímetro, resultando nos valores indicados na Tabela 4. Considerou-se que a precisão de medição na escala real foi menor do que com a possibilidade de ampliação da imagem no computador, tendo sido encontradas diferenças de até cerca de 0,5mm para o tamanho do furo. Já para a distância entre furos, a medição com paquímetro mostrou-se mais precisa.

AMOSTRA	FORMATO DO FURO	DIMENSÕES DO FURO (D) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE CENTROS (C) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (H) [mm]	% PERFURAÇÃO (P) [%]	ESPES. DA CHAPA (EC) [mm]	RELAÇÃO D/EC
amostra 01	quadrado	3,9 x 3,9	5,8	5,8	45,2%	1,0	3,9
amostra 02	redondo	∅ 17,0	19,0	16,5	72,6%	1,5	11,3
amostra 03	redondo	∅ 0,55	1,2	1,0	20,7%	0,5	1,1
amostra 04	redondo	∅ 0,8	1,3	1,1	34,3%	0,8	1,0
amostra 05	oblongo	3,0 x 10,0	13,6	6,3	32,8%	1,5	2,0
amostra 07	redondo	∅ 2,22	3,6	3,1	34,1%	1,0	2,2
amostra 08	redondo	∅ 2,9	5,0	4,3	30,5%	1,0	2,9
amostra 09	retangulo	0,3 x 3,7	5,4	0,6	34,3%	0,5	0,6
amostra 10	redondo	∅ 1,0	2,0	1,7	22,7%	0,8	1,3

Tabela 4 | Dimensão das amostras a partir de medição com paquímetro.

Por fim, comparou-se as medidas obtidas com chapas indicadas no catálogo do fabricante e foram encontrados diâmetros de furo em itens padrão produzidos com valores bem próximos aos medidos, com exceção da amostra 02, como pode ser visto na Tabela 5 | Dimensão das amostras a partir de catálogo do fabricante. Assim, o método de medição serviu de referência para identificar elementos padrão, bem como pode ser usado em casos de não se ter dados do fornecedor.

AMOSTRA	FORMATO DO FURO	DIMENSÕES DO FURO (D) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE CENTROS (C) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (H) [mm]	% PERFURAÇÃO (P) [%]	ESPES. DA CHAPA (EC) [mm]	RELAÇÃO D/EC
amostra 01	quadrado	4,0 x 4,0	6,0	6,00	44,4%	1,0	4,0
amostra 02	redondo	∅ 17,0	18,7	16,23	74,6%	1,5	11,3
amostra 03	redondo	∅ 0,6	1,2	1,04	22,7%	0,5	1,2
amostra 04	redondo	∅ 0,9	1,8	1,56	22,7%	0,8	1,1
amostra 05	oblongo	3,0 x 10,0	14,0	6,70	29,9%	1,5	2,0
amostra 07	redondo	∅ 2,4	4,0	3,46	32,6%	1,0	2,4
amostra 08	redondo	∅ 3,0	5,0	4,33	32,6%	1,0	3,0
amostra 09	retangular	0,5 x 4,0	5,5	1,35	26,9%	0,5	1,0
amostra 10	redondo	∅ 0,9	1,8	1,56	22,7%	0,8	1,1

Tabela 5 | Dimensão das amostras a partir de catálogo do fabricante

No caso das chapas e telhas pintadas, a partir dos procedimentos descritos, o tamanho do furo foi medido a partir de foto digital e a distância entre furos, obtida com paquímetro, conforme é mostrado na Tabela 6. Para as amostras expandidas, em função de sua característica espacial, o tamanho dos furos foi medido com paquímetro e a distância entre furos foi obtido a partir de imagem digital. Para todas as amostras, a espessura foi medida com paquímetro.

AMOSTRA	FORMATO DO FURO	DIMENSÕES DO FURO (D) [mm]	DIMENSÕES DO FURO (D) [mm]	ÁREA DE UM FURO (AF) [mm²]	DISTÂNCIA ENTRE CENTROS (C) [mm]	DISTÂNCIA ENTRE LINHAS (H) [mm]	ÁREA TOTAL P/ MÓDULO DE UM FURO (A) [mm²]	% PERFURAÇÃO (P) [%]
amostra 101	redondo	2	∅ 2,0	3.14	4.000	3.464	13.86	22.67%
amostra 102	redondo	6.0	∅ 6,0	28.27	9.000	7.794	70.15	40.31%
amostra 104	redondo	4.8	∅ 4,8	18.10	12.200	10.566	128.90	14.04%
amostra 109	redondo	2.2	∅ 2,2	3.80	5.000	4.330	21.65	17.56%

Tabela 6 | Dimensão das amostras pintadas

A partir desta aferição, os valores de porcentagem de perfuração foram comparados com as medições de transmitância luminosa e solar.

4.7 Área para levantamento de dados

O local adotado inicialmente para as medições de campo foi a Praça do Sol, área pertencente a USP - Campus Butantã, de cota elevada e sem obstruções no entorno, ilustrado na Figura 22. No decorrer do trabalho, as medições passaram a ser feitas no IEE – Instituto de Energia e Ambiente, ilustrado na Figura 23, em área pertencente ao Laboratório de Sistemas Fotovoltaico (LSF), onde há diversos equipamentos para coleta de dados ambientais, o que propiciou maior praticidade ao trabalho de campo. Devido ao fato de a área do IEE ter mais obstruções que a Praça do Sol, medidas comparativas foram realizadas para verificar a diferença entre os resultados de cada local e são apresentados a seguir.

As medidas feitas com piranômetro para a amostra 07 nos dois locais indicaram uma diferença média de 1,32% para uma perfuração de 33%, o que significa menos de 5% de variação entre os dois locais. Considerou-se essa diferença aceitável para validar medições feitas nos dois locais. Levando em conta que a diferença entre cada par medido pode incluir o fato do horário de medição ser diferente entre si, resultando em diferentes visões de céu, além da diferença proporcional ser relativamente pequena e valer para cada par em específico, não foi adotado uma correção entre os valores medidos de um local para outro. As Figura 24 e Figura 25 ilustram a condição de céu e a obstrução do entorno do local escolhido no início e, posteriormente, para as medições.

Importante ressaltar que estas medidas também serviram para atender a um ponto referido na norma, que indica a realização de ensaios em locais diferentes como forma de checar os resultados obtidos.

Figura 22 | Praça do Sol – foto aérea

Figura 23 | IEE – foto aérea

Figura 24 | Obstrução do entorno Praça do Sol e condição de céu

Figura 25 | Obstrução do entorno para o IEE e condição de céu

Nas Figura 26 a Figura 29 são apresentadas imagens panorâmicas do entorno e imagens gerais dos locais de medição.

Figura 26 | Panorâmicas ao redor do ponto de medição Praça do Sol

Figura 27 | Panorâmicas ao redor do ponto de medição IEE

Figura 28 | Local de medição Praça do Sol

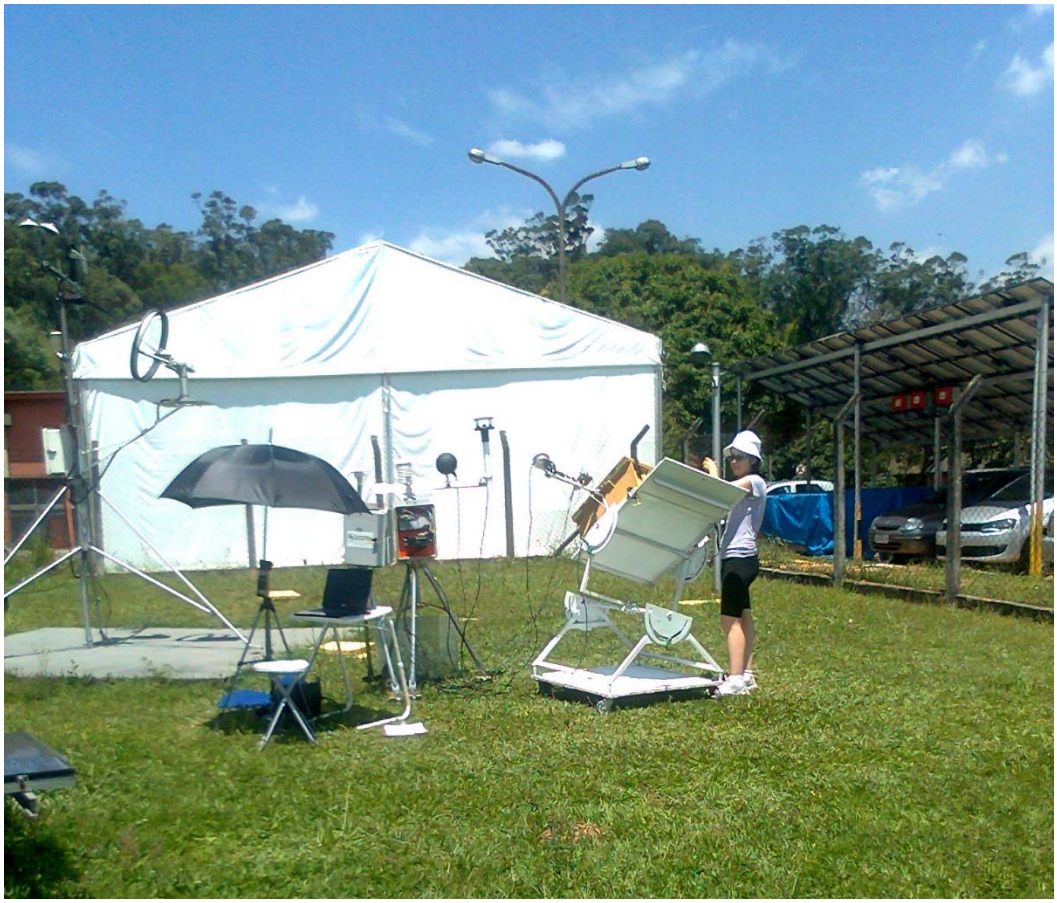


Figura 29 | Local de medição IEE

4.8 Levantamentos empíricos

Entre os anos de 2011 e 2013 foram realizados 20 dias de coletas de dados entre testes com equipamentos e sensores, teste das medições e aparato e coleta de dados. Foram 14 dias de coletas de dados finais, entre os meses de outubro, novembro e dezembro de 2013. Os dias escolhidos para as medições foram dias de céu sem nuvens, com temperatura do ar chegando a 32º C. Alguns dias o céu se manteve constante ao longo do período, outros houve uma variação maior, chegando a ser necessário uma interrupção temporária das medições.

A primeira etapa de cada dia foi a medição do conjunto na normal sem amostra para a determinação da relação entre os valores do piranômetro/fotocélula interno e externo, para verificar a influência da caixa, uma vez que o conjunto foi montado para cada dia. As diferenças registradas entre os sensores foram proporcionalmente pequenas entre si e entre os dias. A partir disso aplicou-se o fator para cada dia sobre os valores das amostras medidos dentro da caixa para se determinar o valor do fluxo transmitido pela chapa testada. Isso serviu como uma forma de unificar os valores coletados em dias de medição consecutivos.

Para a medição das amostras, estas sempre foram posicionadas abaixo da tampa superior, incorporada na caixa conforme descrito no item 4.5 (ALUCCI, 2005). No caso das telhas, foram colocadas por fora, sendo fechadas as laterais com uso de placa de borracha espessa na cor preta. Utilizando a amostra 07 para comparação, a diferença entre medições dentro e fora da caixa não resultou em diferença significativa.

A sequência da coleta de dados ocorria colocando a amostra na caixa, para depois ajustar a posição do conjunto para o ângulo de incidência desejado. Em seguida, tomava-se nota do próximo minuto inteiro marcado no datalogger prevendo uma folga de tempo para o sensor estabilizar e esta informação também serviria para posterior seleção dos dados. Aguardava-se alguns minutos para que os dados fossem suficientemente coletados, inicialmente 5 minutos no mínimo, sendo que a configuração foi para registrar valores instantâneos a cada segundo. Fotografava-se com a câmera com lente olho de peixe a condição do céu naquele momento e a visão de céu para aquela altura e azimute medido. Como a pesquisa contava com dois sensores de cada tipo, a coleta externa e interna ocorria simultaneamente, sem a

necessidade que a norma indica de medir primeiro os valores sem a amostra, aguardar a coleta e só depois iniciar a coleta de dados com amostra. Procedia-se a troca da amostra e/ou a mudança de par de ângulos e iniciava-se novamente o processo. Ao longo das medições observou-se que tempos menores de medição podiam ser utilizados, pois em condições de céu sem nuvens as alterações dos dados coletados eram pequenas. Assim, adotou-se a seleção de 2 minutos por medição, ou seja, 120 valores registrados. Na Figura 30 é ilustrado o aparato durante as medições.

Figura 30 | Aparato

Em relação ao posicionamento do conjunto para os ângulos de incidência medidos, ainda que o conjunto fora projetado para ter giro em 3 eixos perpendiculares entre si, permitindo a inclinação em variados ângulos, as medições foram organizadas de forma a facilitar o posicionamento do conjunto. Medições para altura solar mais próxima da normal e azimute mais próximos de 0º foram realizados próximos às 12h. Alturas menores e azimutes maiores, foram medidos preferencialmente no início da manhã e no fim da tarde, como por exemplo um ângulo de incidência de altura 30º (H30º) e azimute 60º (A60º). Isso se deve ao fato de que quanto mais a caixa fica de pé, ou seja, na vertical, maior a tendência de tombar, então mais força é necessária para travar a borboleta e fazer com que a caixa fique na posição correta. No entanto, com essa distribuição, o esforço pode ser minimizado.

Na troca das amostras para cada medição, também procurou-se trabalhar de forma a ter um melhor aproveitamento do dia de medição. Pelo exposto acima, para pares de ângulos em que a caixa ficava mais tombada (portanto de mais difícil fixação), ficava mais fácil trocar as amostras e aproveitar a inclinação da caixa. Para a posição da caixa mais na horizontal, a amostra era mantida e ia-se variando os ângulos para aquela amostra.

Para o posicionamento do conjunto nos diversos ângulos, foi considerado prático, independente do dia e horário, ajustar somente dois dos três eixos, especificamente girando a base inferior e a base superior, no caso de pares de ângulos com altura solar 30º a 90º e azimute 0º. Para azimute diferente de zero, em muitos casos, foi preciso ajustar também a inclinação da base intermediária, utilizando, então, o ajuste dos três eixos.

Em geral, com a caixa na horizontal, a sequência ocorria da seguinte forma: alinhava-se o rastreador com o azimute desejado, o que era feito com o giro da base inferior, abrindo em seguida o giro da base superior e girando a caixa nestes dois eixos mencionados até a sombra da haste alcançar o centro da circunferência correspondente à altura que se queria medir. Quando era necessário o ajuste do terceiro eixo, abria-se simultaneamente o giro da base superior e intermediária para, a partir da combinação dos três giros, chegar no ângulo de incidência desejado. Para realizar este trabalho, foi necessário duas pessoas trabalhando em conjunto. Com um ou dois eixos abertos, uma pessoa sustentava a caixa para esta não girar além do necessário e visualizava o alinhamento do conjunto à inclinação requerida. Enquanto isso, outra abria e fechava as borboletas com força suficiente para fixar a posição.

O posicionamento inicial da amostra na posição horizontal nas medições foi adotado pelos seguintes fatores: equipamentos utilizados, posição relativa à trajetória do sol e possibilidade de uso dos resultados, conforme descrito nos itens 3.3 e 4.4 Isso corresponde à aplicação da chapa perfurada como proteção solar na posição horizontal, e os ângulos do sol incidindo relativos a esta posição, ou seja, quando o sol está com altura pequena, os raios incidem quase paralelamente à chapa, enquanto que quando o sol está a pino, os raios incidem perpendicularmente à chapa, mesmo que para formar os ângulos definidos a chapa fosse rotacionada no experimento. A aplicação dos resultados a partir da coleta de dados é descrito no item 4.9.

Em relação ao número de ângulos de incidência a serem medidos para cada amostra, a norma não menciona uma quantidade mínima ou máxima, nem define ângulos específicos a serem medidos, limitando-se a indicar a aplicação do método para ângulos de incidência na direção perpendicular ou até 60º fora da normal. Além disso, no que se refere ao termo “ângulo de incidência” não há detalhamento quanto a altura e azimute (ângulos laterais), apesar das distintas incidências poderem resultar em transmitâncias diferentes. Entende-se que a quantia e os ângulos adequados dependem das características da amostra, podendo ser suficiente um número relativamente pequeno para amostras com transmitância mais homogênea independente da variação da incidência solar ou ser necessário um número maior para amostras com características mais variadas.

Sendo assim, para determinar o desempenho das chapas perfuradas, a definição dos ângulos a serem coletados foi desenvolvida em três etapas, conforme foram avaliados os resultados de cada etapa no andamento da pesquisa. Esta sequência é apresentada a seguir, e é discutida no item 4.9 - Tratamento dos dadosTratamento dos dados. A primeira etapa foi realizada com o objetivo de definir a quantidade de ângulos que seriam medidos o conjunto das amostras. A amostra 07 foi escolhida, devido às dimensões de furo e à espessura de chapa, como um exemplar em que poderiam ser visualizados os efeitos da variação da altura e do azimute. Neste teste, foi definido a medição em faixas de 15º, variando a altura solar de 15º a 90º e azimute de 0º a 75º, somando um total de 28 pares de ângulos. Nota-se que os limites de altura solar mínima de 30º (60º fora da incidência normal) também foram ampliados para verificar o impacto da incidência solar na transmitância em ângulos abaixo do limite que a norma sugere. Os valores dos dados coletados podem ser visualizados no Apêndice A: Ficha de resultados para seleção de ângulos.

A partir disso, passou-se para uma segunda etapa de coleta de dados, a qual se aplicou às amostras 01 a 10, que são chapas perfuradas sem pintura ou chapas expandidas. A partir dos resultados da medição acima descrita, foram selecionados 10 ângulos, num total de 20 coletas para cada amostra, sendo 10 ângulos de medição para transmitância solar (TS) e os mesmos 10 ângulos para transmitância luminosa (TL), com exceção da amostra 02, que teve valores não satisfatórios. Os ângulos de altura solar medidos foram: 30º, 45º e 60º, além da perpendicular, 90º. E quanto aos ângulos de azimute foram: 0º, 30º e 60º. O conjunto de dados coletados para as diversas amostras é apresentado no Apêndice B: Ficha de resultados das amostras.

Em função dos resultados da etapa anterior, considerou-se ser suficiente um número menor de medições para cada amostra, caracterizando-se uma terceira etapa de coleta de dados. Foram priorizados os ângulos mais significativos e esta etapa foi aplicada às amostras 101 a 114, que são chapas e telhas perfuradas pintadas. Devido à precisão do equipamento, foi dada preferência para a coleta de dados com o piranômetro, sendo selecionados os mesmos 10 ângulos para TS e pelo menos um ângulo de cada altura para TL, prioritariamente os de azimute 60º, no caso das telhas. Estes resultados também são apresentados no Apêndice B.

4.9 Tratamento dos dados

Segundo a norma adotada, para cada amostra medida deve-se relatar as seguintes informações:

- Identificação da amostra
- Descrição das características da amostra: espessura, forma em corte transversal, cor, tamanho, se é translúcido ou transparente, tipo de material
- Orientação da amostra
- Ângulo de incidência
- Transmitância solar/luminosa
- Desvio padrão calculado
- Número de medições utilizadas
- Local, data e hora do teste
- Radiação solar externa
- Característica do sensor usado
- Temperatura do ar ambiente, umidade relativa, visibilidade atmosférica

Para a apresentação dos dados coletados neste trabalho, sintetizou-se os resultados nos apêndices A, B, C e D. Informações de cada amostra são sintetizados nos três primeiros apêndices, que são descritos abaixo. O Apêndice D: dados

coletados segundo a ASTM E1084 para todas as medições, apresenta os dados relacionados ao período da medição, sendo que a identificação da amostra, ângulo de incidência e a transmitância também aparecem neste apêndice, além de constarem nos demais apêndices.

Conforme mencionado no item 4.8, a coleta de dados das amostras ocorreu em três etapas. Os resultados da primeira etapa, podem ser visualizados no Apêndice A: Ficha de resultados para seleção de ângulos. Este apêndice apresenta os resultados da TS para os 28 pares de ângulos medidos da amostra 07, além de 3 ângulos para os quais os resultados se assemelham a ângulos medidos devido à proximidade entre eles, no caso H75º. Também mostra os 10 ângulos da TL medidos, para comparação com a TS. O gráfico ilustra a tendência de variação da transmitância conforme se varia os ângulos, seja para altura, seja para azimute. A partir das características do tipo da amostra, da tabela e do gráfico são feitos comentários sobre as variações das transmitâncias verificadas para esta amostra.

Nesta etapa verificou-se com esta amostra que, para uma determinada altura solar, a TS tem pouca variação independente do azimute, o que poderia levar a descartar a medição de variados azimutes. Além disso, constatou-se que para um determinado azimute, a TS decresce conforme a altura solar diminui, mas que os valores máximos e mínimos da TS para as variadas alturas são próximos, então poderia ser definido um número menor de alturas solares a serem medidas.

Ainda que para diferentes azimutes as medições tenham mostrado pequenas diferenças, parte destes ângulos foi mantida, pois havia amostras que possuíam configuração diversa do exemplar escolhido, o que poderia levar a variação dos resultados para estes ângulos laterais. O número de azimutes foi reduzido de seis para três, sendo definido os azimutes 0º, 30º e 60º. Mesmo para as chapas perfuradas planas, que se poderia esperar resultados semelhantes à amostra 07, pela variação do tipo de furo, poderiam ser também obtidos resultados diversos. Além disso, devido à inexistência de modelo de teste padrão para este tipo de material, esta coleta de dados poderia servir como uma forma de referência para os demais resultados com complexidade maior.

Para as alturas solares, pelo exposto acima, foi selecionado dentre seis ângulos, os três centrais, 30º, 45 e 60º, além da perpendicular, 90º. Assim, um total de 10 pares de ângulos de incidência foram os ângulos medidos das amostras 01 a 10, na segunda etapa de coleta de dados. Os resultados são sintetizados no Apêndice

B: Ficha de resultados das amostras, o qual apresenta os valores das transmitâncias para estas amostras.

Conforme mencionado no item 4.8, na terceira etapa, o número de medições realizado para as amostras 101 a 114, chapas e telhas perfuradas pintadas, foi reduzido em relação às amostras 01 a 10. Isto ocorreu em função da constância nos resultados daquelas amostras, o que indicou que um número menor de medições seria suficiente. Em parte isto foi confirmado, pois a tendência encontrada da TS em relação à redução ou aumento da transmitância em diferentes ângulos foi semelhante às amostras 01 a 10. Entretanto, para as amostras pintadas não foram encontradas a mesma tendência quanto a redução da relação entre TS e TL nas diversas alturas solares.

Levando em conta este resultado, para os casos em que as alturas ou azimutes para TL não foram realizadas ou que os resultados foram descartados por não atender aos critérios de medição, adotou-se TL igual ao valor de TS, pois em função dos resultados das medições como um todo, a ordem de grandeza da relação TS/TL é em torno de 1. Para TS foi adotado o mesmo critério, se havia dado coletado para TL e ausência de dados para TS, adotou-se os valores de TL. Nas fichas de resultado das amostras, quando ocorreram esses casos, os valores de TS e TL estão indicados em laranja e verde, respectivamente. No gráfico correspondente à tendência de variação da transmitância, devido a variação da altura ou do azimute, por este motivo, a linha no gráfico é tracejada para diferenciar dos conjuntos de ângulos que tem todos os valores coletados, pois se considerou tendências consolidadas somente para os valores efetivamente medidos. Mesmo com essa ressalva, os valores indicados em cores podem servir para a aplicação dos valores na prática.

Uma vez obtidos 10 valores para TS e 10 para TL conforme os critérios descritos acima e mostrados na ficha de resultado de cada amostra, elaborou-se uma ficha de aplicação dos resultados com o objetivo de facilitar o seu uso em diversas outras configurações de projeto além da horizontal. O modelo da ficha é apresentado no Apêndice C: Ficha de aplicação como proteção solar em diversas inclinações. Essa ficha indica a transmitância solar e luminosa para aplicação das chapas em diversas inclinações em relação à fachada. Uma vez definido em projeto a inclinação da chapa, deve-se utilizar os valores para a posição que mais se aproximar ao uso, utilizando como referência as ilustrações que indicam o ângulo da chapa formado com a fachada.

4.10 Avaliação dos resultados

Nesta parte do trabalho, estabeleceu-se a correlação entre os dados de TS e TL das amostras. Ao final deste tópico também são feitas considerações sobre os resultados obtidos e é avaliado o método de medição. Primeiramente, faz-se uma síntese das características das amostras, verificadas a partir da coleta de dados. Em função de suas especificidades, as amostras foram agrupadas da seguinte forma: chapas sem pintura com furo redondo, chapas sem pintura com furo não redondo, chapas expandidas, chapas e telhas com pintura. Posteriormente, a análise prossegue com a comparação dos resultados apresentados em gráficos.

A partir da análise dos dados verificou-se que dentro dos grupos indicados acima as amostras possuem comportamento de TS e TL semelhantes. Considera-se que possíveis variações dentro do mesmo grupo podem ser devido à incerteza das medições. Além disso, pequenas diferenças entre medições do mesmo ângulo em dias e horários diferentes podem ser decorrentes da proporção visível de céu e de chão para cada posicionamento, e em função da radiação atravessar mais ou menos massa de ar. Para a avaliação dos dados descritos a seguir, foram considerados somente os valores efetivamente medidos. No entanto, para aplicação prática dos resultados, os valores que são apresentados no Apêndice B podem ser usados como ordem de grandeza, tendo parte dos valores sido medidos.

Dentre o conjunto de amostras ensaiadas, a amostra 02 não foi incluída na avaliação em conjunto com as demais amostras, em função dos resultados não terem sido considerados satisfatórios, pois em metade das medições o resultado da transmissão foi praticamente igual à incidência solar. Atribui-se este fato ao tamanho do furo da amostra ter dimensões superiores ao que o sistema demonstrou-se capaz de suportar, apesar de não se ter referência a limites de tamanho de aberturas no método de medição. Nos procedimentos há menção apenas à medição da mesma amostra deslocando-a de posição, em um mesmo ângulo. Porém, ao testar este procedimento os resultados não foram alterados, indicando uma restrição do método.

Para cada grupo avaliado a seguir, tem-se o estabelecimento do comportamento de TS e TL em 4 pontos, a partir da avaliação individual de cada amostra que consta no Apêndice B. Os pontos avaliados a seguir são: variação do azimute para uma determinada altura, média de TS e TL por altura solar, relação de

TS/TL e variação da altura solar para um determinado azimute. Em cada um dos 4 pontos é indicada a amostra que apresentou variação máxima. Todos os valores apresentados são proporcionais à perfuração, para permitir comparação entre as amostras.

Chapas sem pintura com furo redondo (amostras 03, 04, 07, 08)

1. altura constante, azimute variável: TS e TL são constantes independente do azimute. As reduções máximas por altura, encontradas na amostra 03, são: TS=35% para H30° e TL=17% para H30°.

2. média de TS e TL por altura solar: tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°. As reduções máximas entre as faixas de H60° e H30°, são: TS=59% para a amostra 03 e TL=45% para a amostra 04.

3. TS/TL: quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL. A redução máxima entre as faixas de H60° e H30° é de 0,23 para a amostra 03.

4. azimute constante, altura variável: TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=78% para A60° e TL=57% para A0° da amostra 03.

Chapas sem pintura com furo não redondo: quadrado (01), oblongo (05), retangular (09)

1. TS e TL são constantes independente do azimute para a amostra 01, enquanto que para as amostras 05 e 09 os valores variam. As reduções máximas por altura, encontradas na amostra 05, são: TS=43% para H30° e TL=53% para H60°.

2. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°. As reduções máximas entre as faixas de H60° e H30°, são: TS=41% e TL=34% para a amostra 05.

3. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL. A redução máxima entre as faixas de H60° e H30° é de 0,30 para a amostra 09.

4. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=57% para A30° e TL=18% para A60° da amostra 05.

Chapas expandidas (amostras 06, 10)

1. TS e TL são crescentes conforme aumenta o azimute. As reduções máximas, verificadas para a amostra 10, são: TS=45% para H45° e TL=58% para H45°.

2. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°. As reduções máximas entre as faixas de H60° e H30°, são: TS=63% e TL=44% para a amostra 06.

3. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL. A redução máxima entre as faixas de H60° e H30° é de 0,32 para a amostra 10.

4. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas, são: TS=24% para A60° da amostra 06 e TL=32% para A30° da amostra 10.

Chapas com pintura (amostras 101, 102, 103, 104, 111, 112)

1. TS e TL são constantes independente do azimute. As reduções máximas por altura: TS=48% para H60° da amostra 101 e TL=30% para H60° da amostra 111.

2. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°. As reduções máximas entre as faixas de H60° e H30°, são: TS=59% e TL=54% ambas para a amostra 111.

3. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL foi verificado somente para a amostra 111, para as demais as proporções não houve repetição. A redução máxima entre as faixas de H60° e H30° é de 0,07 para esta amostra.

4. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=57% para A0° e TL=17% para A0° da amostra 03.

Telhas com pintura (amostras 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 114)

1. TS varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor que A0° e A60° para todas as alturas e por inferência obtem-se TL a partir das medições de TS. A redução máxima por altura, encontrada na amostra 109, é: TS=72% para H30°.

2. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°. As reduções máximas entre as faixas de H60° e H30°, são: TS=48% para a amostra 114 e TL=79% para a amostra 105.

3. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL foi verificado somente para a amostra 113. Para as demais, a mesma variação não foi verificada. A redução máxima entre as faixas de H60° e H30° é de 0.34 para esta amostra.

4. TS decrescem ou são praticamente iguais conforme a altura solar diminui e por inferência obtem-se TL a partir das medições de TS. As reduções máximas são: TS=86% para A60° da amostra 114 e TL=10% para A60° da amostra 109.

Conforme mostrado no Gráfico 1, todas as amostras com furo redondo tiveram redução na transmitância solar conforme a altura solar diminui. No Gráfico 2 vê-se que as amostras 03 e 04 tiveram redução proporcionalmente maior que as amostras 07 e 08. Isso se deve ao fato destas últimas terem razão maior entre diâmetro do furo e espessura (2.4 e 3, respectivamente, contra 1.2 e 1.1). Nota-se o mesmo comportamento comparando as amostras 07 e 08, de mesma perfuração. Assim, quanto maior o furo para uma mesma perfuração, menos a espessura influencia na redução da transmitância em função da diminuição da altura solar.

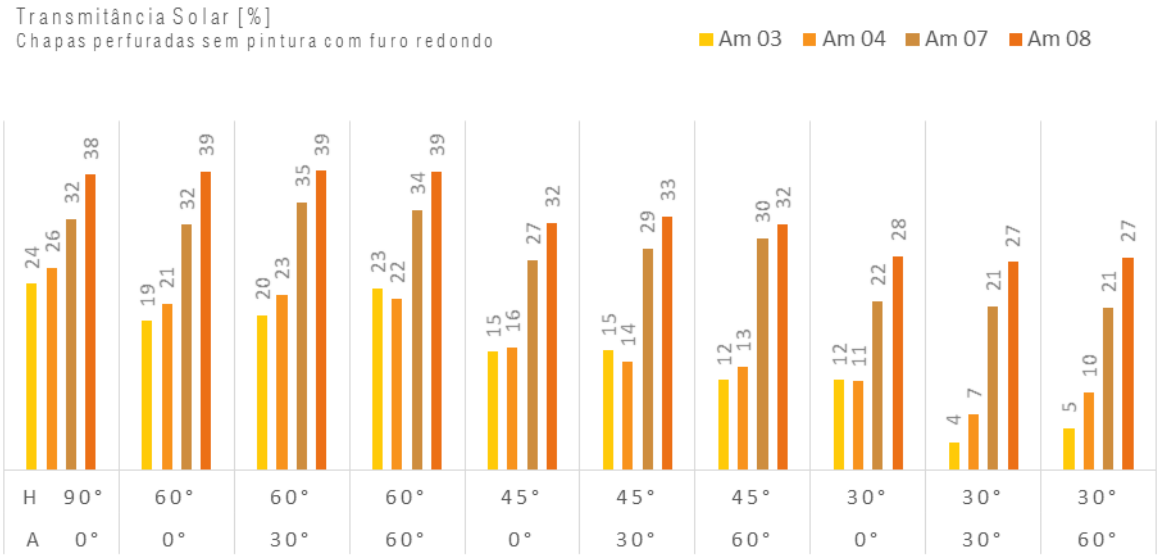


Gráfico 1 | Transmitância Solar para chapas sem pintura e furo redondo

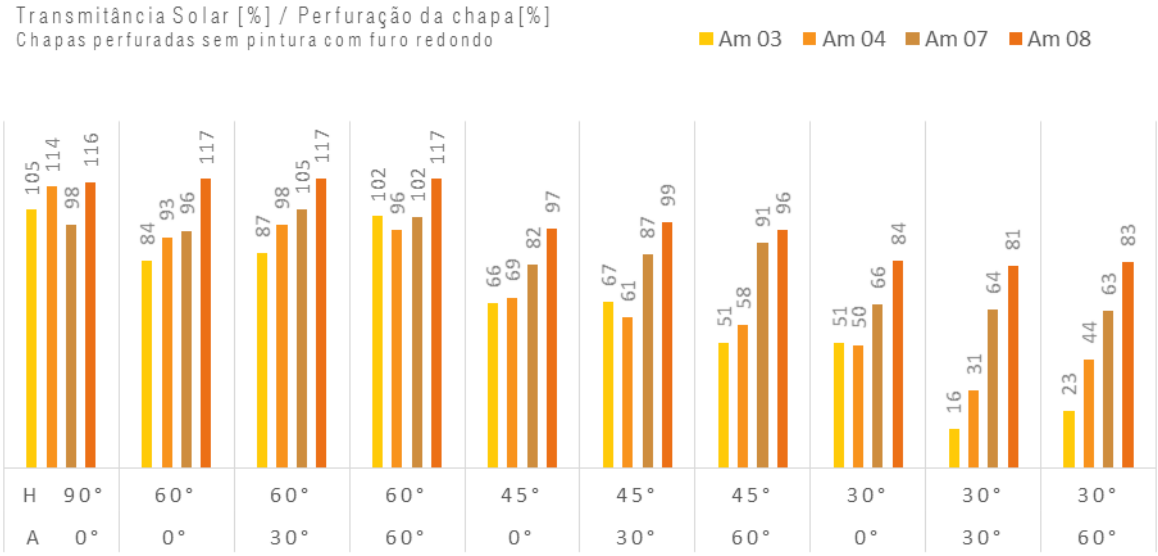


Gráfico 2 | TS sobre perfuração para chapas sem pintura e furo redondo

A menor TS em função da altura solar é para H30º / A30º da amostra 03 sendo a TS 16% da perfuração e para a mesma altura a amostra 08 passa 81% da perfuração. A transmitância luminosa deste tipo de chapa também apresenta uma redução proporcionalmente maior nas amostras 03 e 04 do que nas amostras 07 e 08, pelos mesmos motivos, segundo Gráfico 3 e Gráfico 4. Para a amostra 03, a redução da transmitância em função da altura solar chega a 28% da perfuração para H30º/ A60º, enquanto que para a amostra 08, mesmo havendo no geral redução conforme a altura solar diminui, para este ângulo a transmitância luminosa é igual à perfuração.

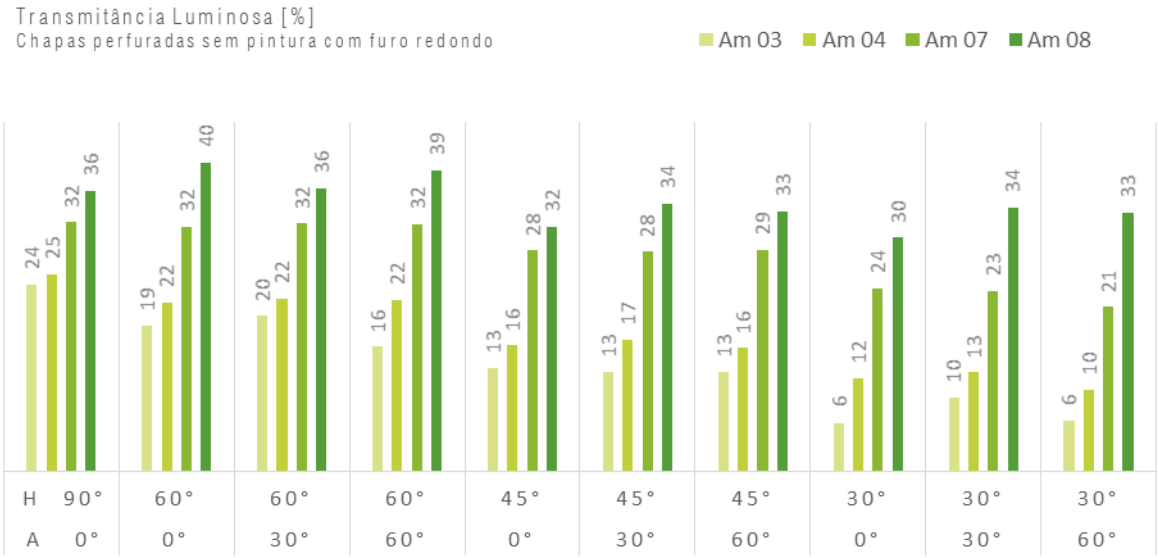


Gráfico 3 | Transmitância Luminosa para chapas sem pintura e furo redondo

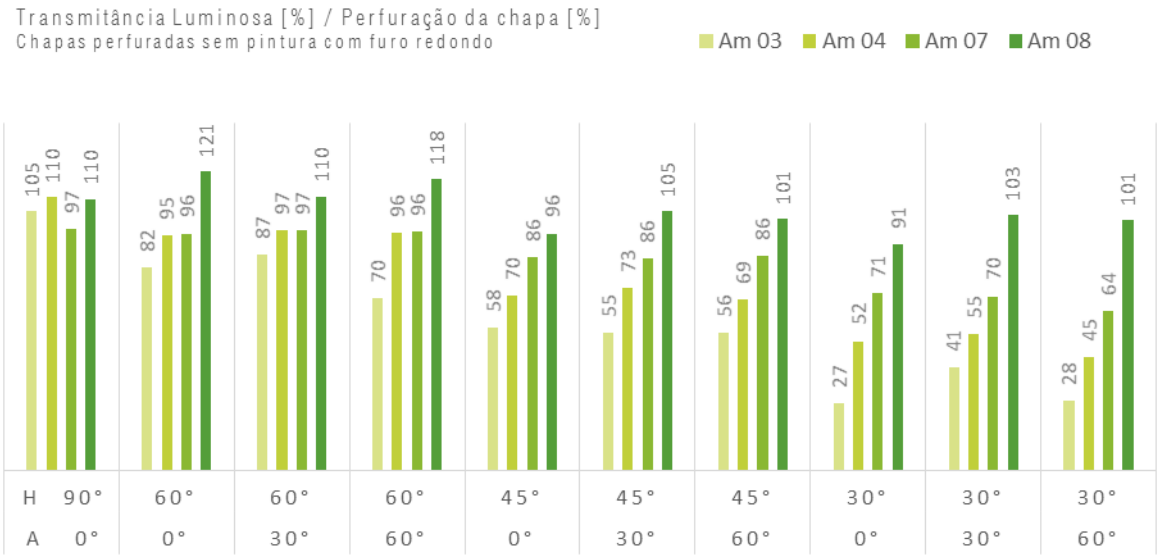


Gráfico 4 | TL sobre perfuração para chapas sem pintura e furo redondo

Nos Gráficos 5 e 6, para as amostras de chapas perfuradas com demais tipos de furo também se nota redução da transmitância solar, com pequena redução para as amostras 01 e 05, com transmitância mínima de 92% da perfuração. Para amostra 05 na vertical e uma redução maior para a amostra 09, com mínimo de 14% da perfuração. Sendo as amostras 01 e 05 com dimensões de furo maiores que 4 mm e espessura 1.0 e 1.5mm respectivamente, tiveram o mesmo comportamento da amostra 08. Já a amostra 09 se assemelhou a amostra 03, pois o tamanho do furo 0,5 x 4,0mm para uma espessura de 0,5 mm tem uma influência maior na transmitância.

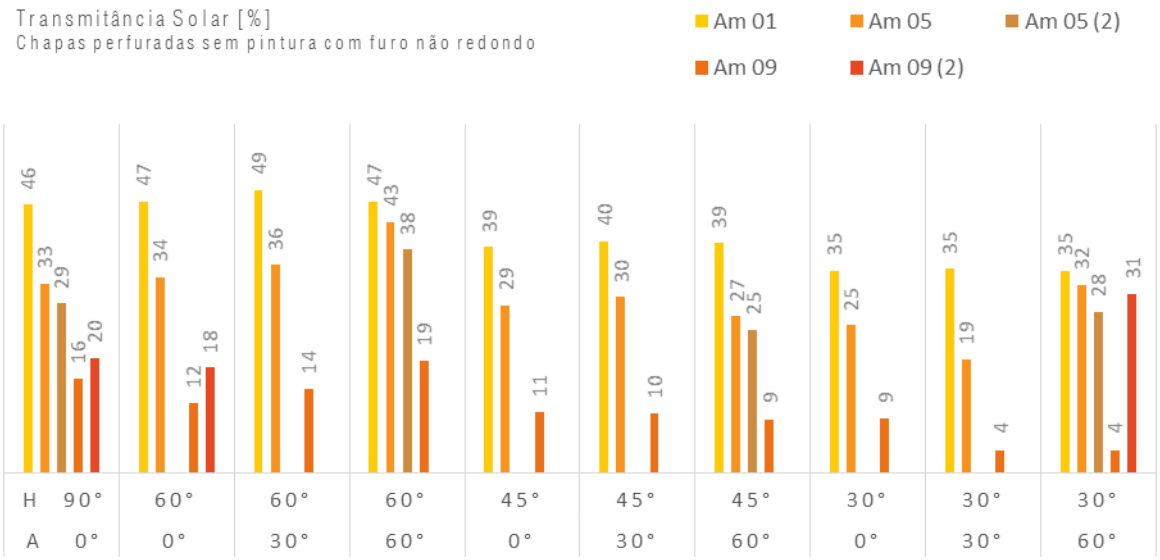


Gráfico 5 | Transmitância Solar para chapas sem pintura com furo não redondo

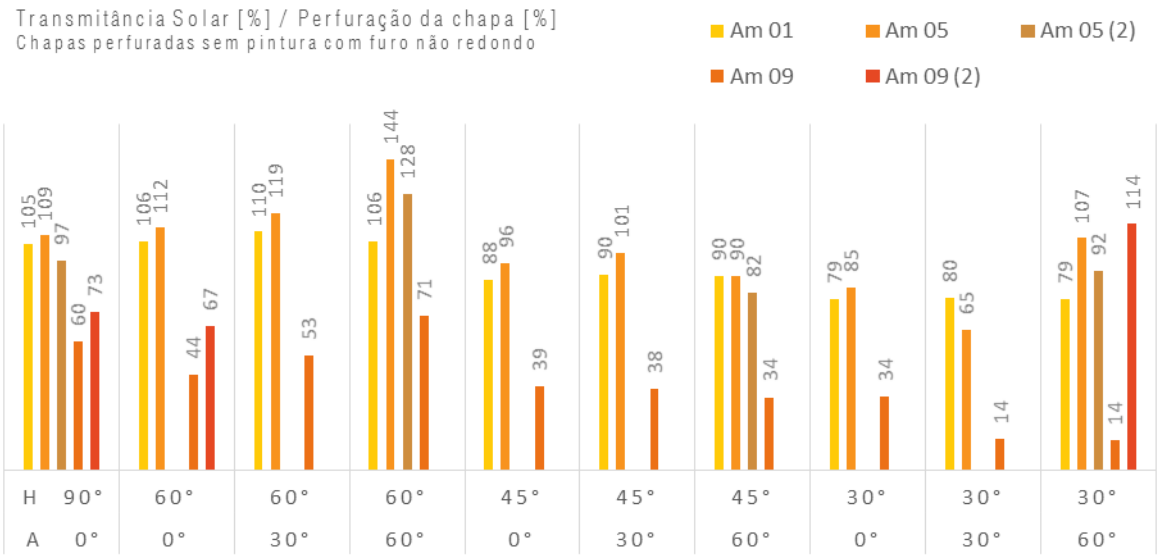


Gráfico 6 | TS sobre perfuração para chapas sem pintura com furo não redondo

A transmitância luminosa das chapas com furo não redondo tiveram resultado semelhante ao da transmitância solar, com transmitância mínima de 90% da perfuração para amostra 01 e 19% da perfuração para amostra 09.

Nota-se nos Gráfico 8 e demais gráficos de transmitância/perfuração que para as chapas com dimensão do furo/espessura da chapa (D/E) maior que 2 mesmo havendo redução na transmitância nos ângulos abaixo de 60º, para altura solar 60º a transmitância solar e luminosa é igual ou maior que para altura solar 90º.

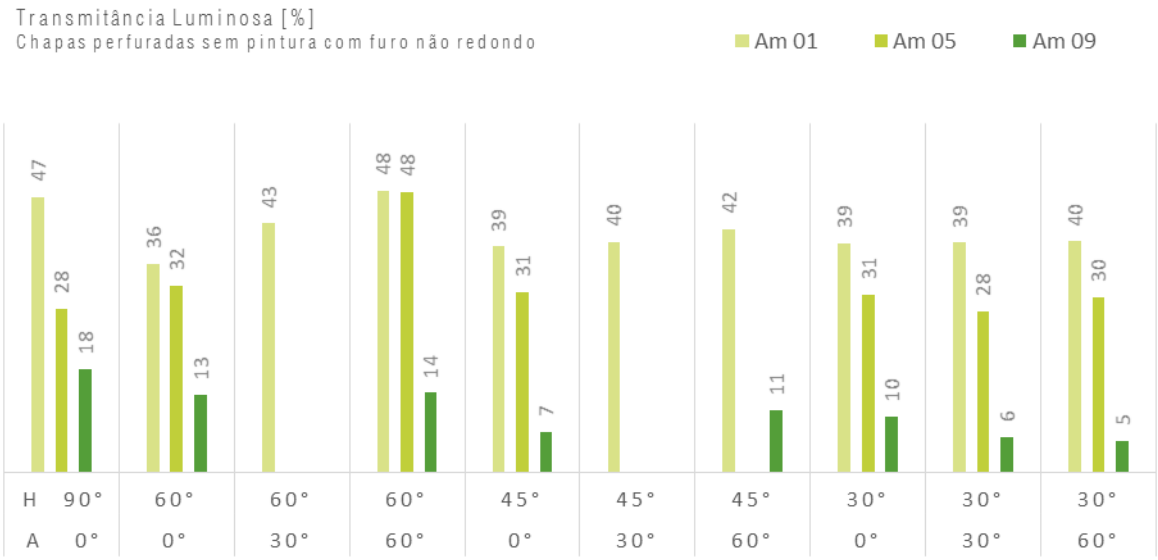


Gráfico 7 | Transmitância Luminosa para chapas sem pintura com furo não redondo

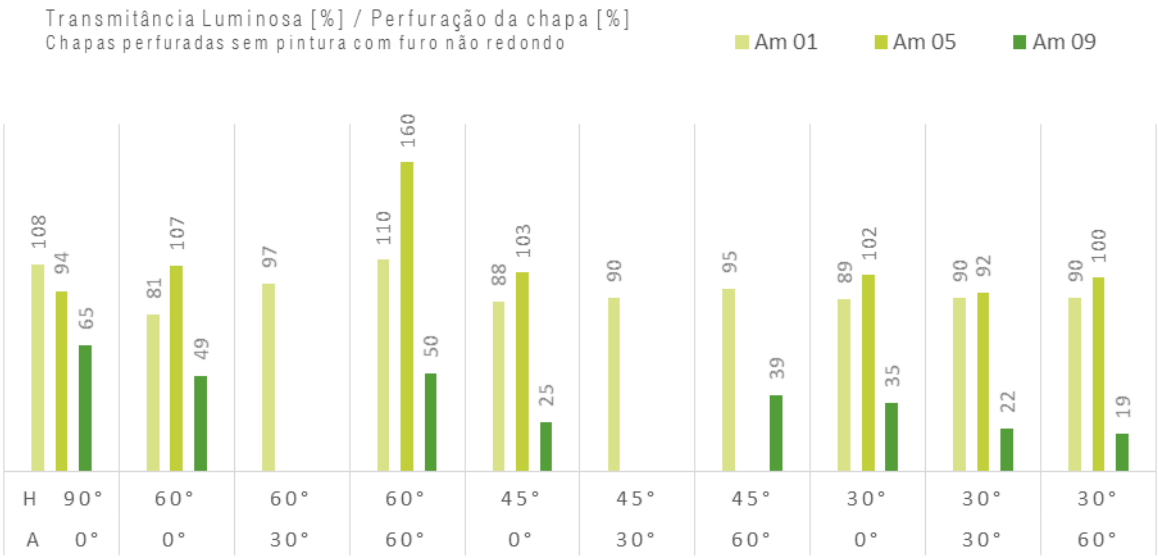


Gráfico 8 | TL sobre perfuração para chapas sem pintura com furo não redondo

Os Gráfico 9 ao Gráfico 20 ilustram os resultados das amostras pintadas, organizadas por tamanho de furo: pequeno, médio e grande Amostras de furo pequeno até 2,2mm, furo médio, 4.8mm e furo grande 6.0mm. No Gráfico 9 vemos que as amostras de cores diferente do branco tem transmitância solar menor que a branca.

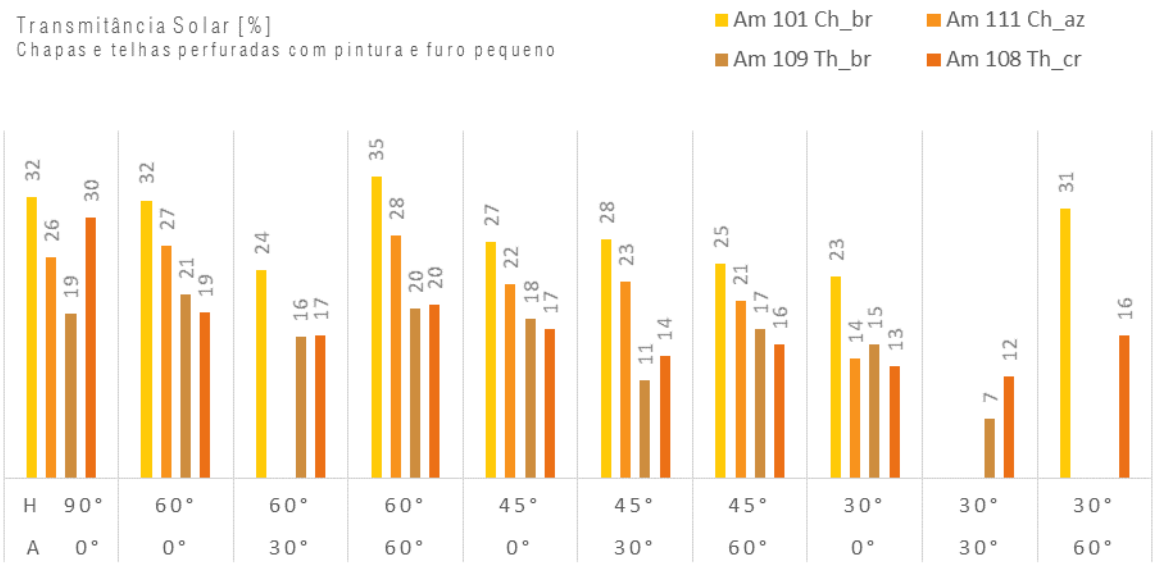


Gráfico 9 | Transmitância Solar para chapas com pintura e furo pequeno

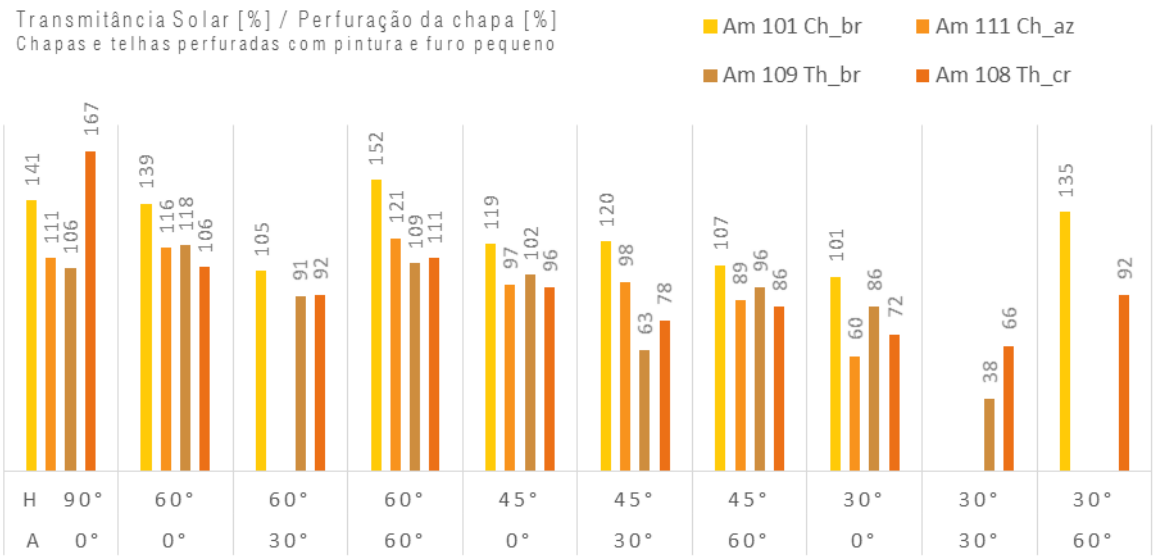


Gráfico 10 | TS sobre perfuração para chapas com pintura e furo pequeno

Para todas as amostras desse grupo a transmitância decresce, conforme cai a altura solar. Observa-se também que a transmitância solar igual a 60º é igual ou superior a % perfuração. Vemos que a cor branca tem transmitância maior que a cor cerâmico ou azul, independentemente se é chapa ou telha.

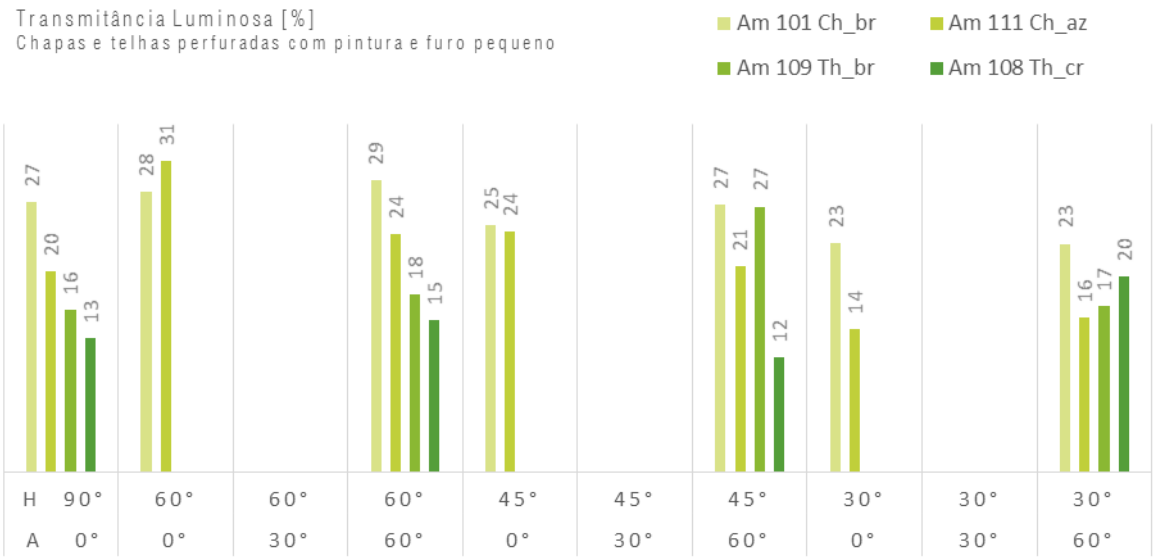


Gráfico 11 | Transmitância Luminosa para chapas com pintura e furo pequeno

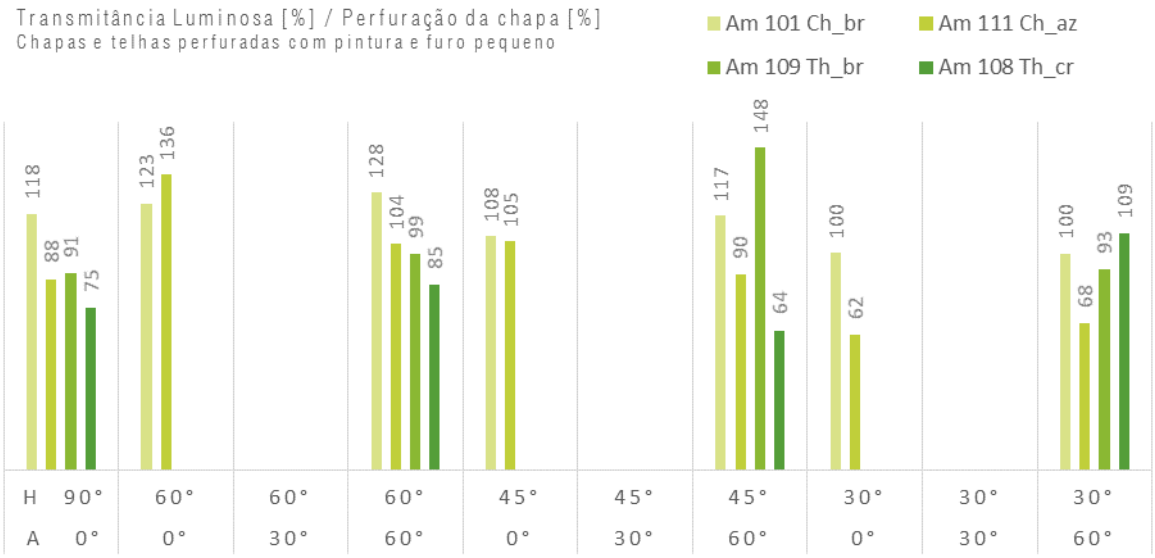


Gráfico 12 | TL sobre perfuração para chapas com pintura e furo pequeno

Para chapas de furo com tamanho médio, a transmitância solar se mantem próxima a perfuração até a H = 45º, decrescendo para H = 30º. Nota-se que as chapas ou telhas brancas tem transmitância um pouco maior do que as demais, mas de maneira geral a transmitância entre as amostras é semelhante.

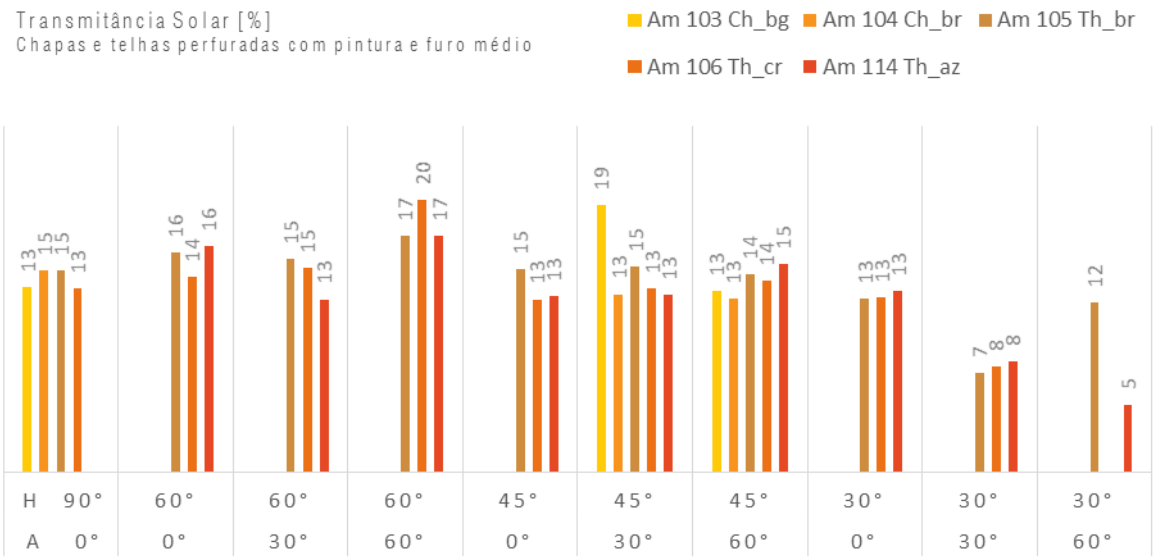


Gráfico 13 | Transmitância Solar para chapas com pintura e furo médio

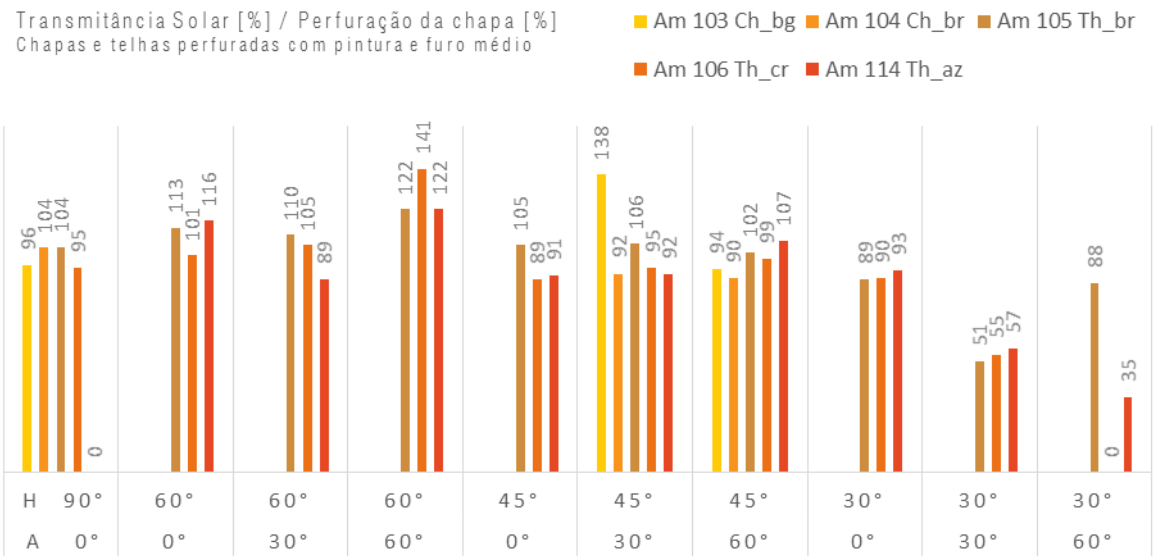


Gráfico 14 | TS sobre perfuração para chapas com pintura e furo médio

Para transmitância luminosa, as chapas tem aproximadamente o valor para H90º e H60º iguais e para H45º e H30º, a transmitância é reduzida independentemente da cor. A cor clara transmite mais que a cerâmica e mais que a azul.

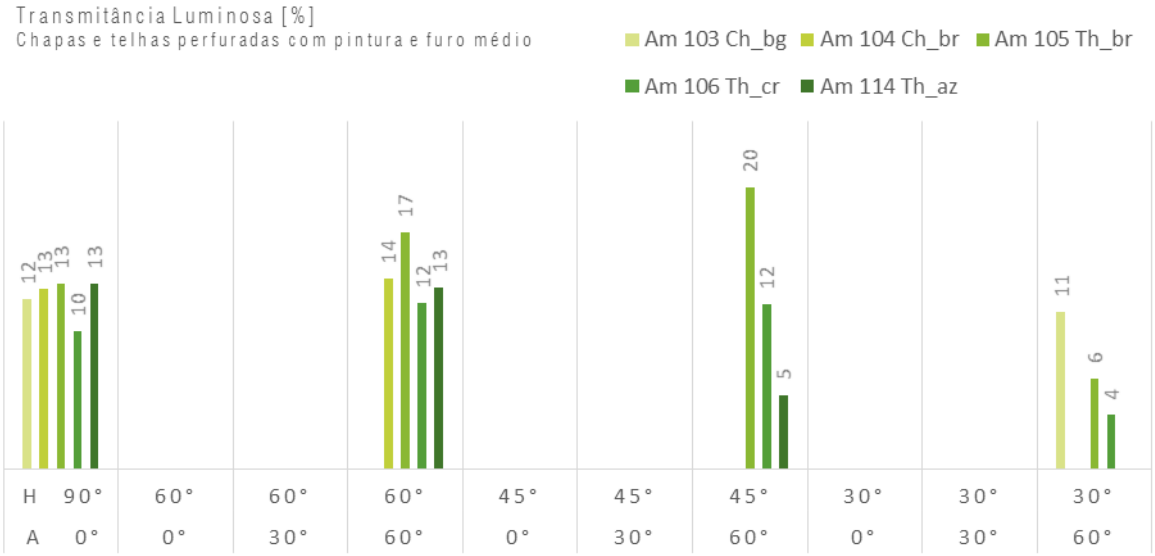


Gráfico 15 | Transmitância Luminosa para chapas com pintura e furo médio

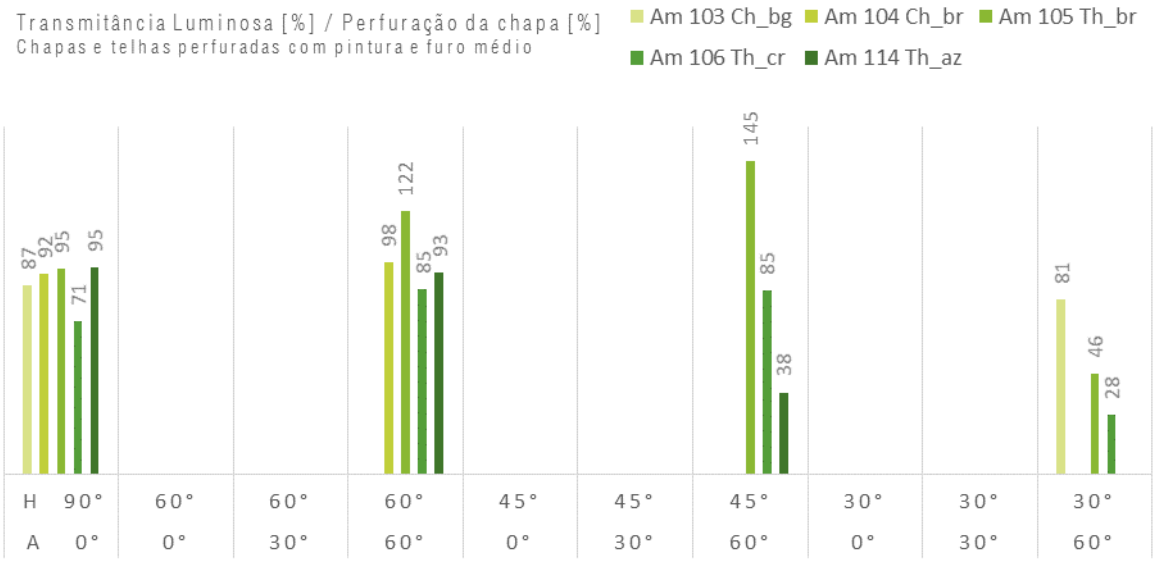


Gráfico 16 | TL sobre perfuração para chapas com pintura e furo médio

Para as chapas de furo grande a redução em função da altura solar não é muito significativa, ficando todas as amostras em torno de 100% da perfuração.

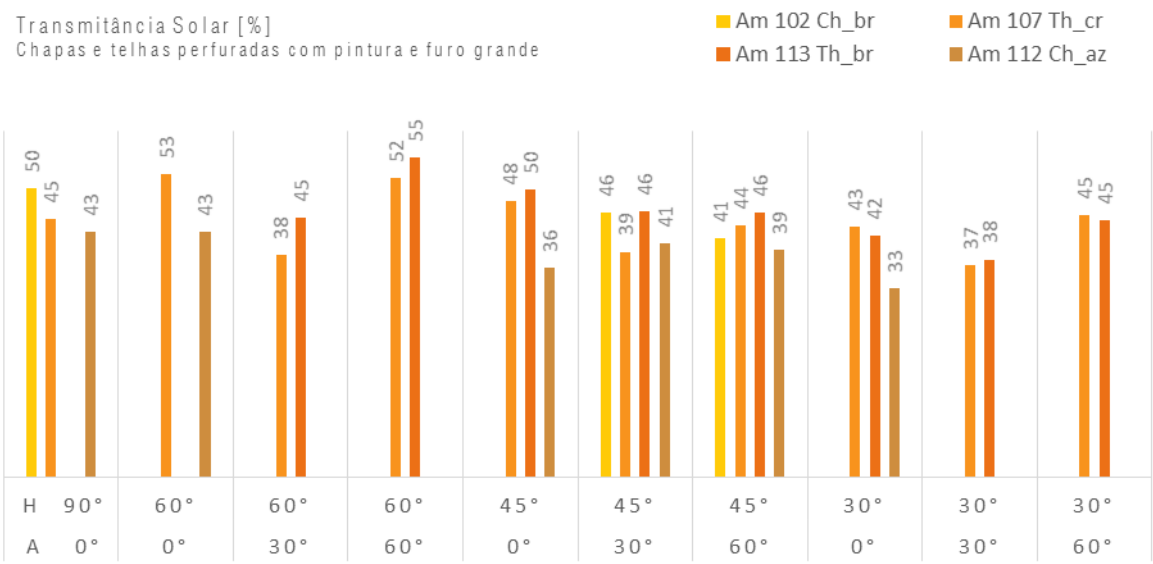


Gráfico 17 | Transmitância Solar para chapas com pintura e furo grande

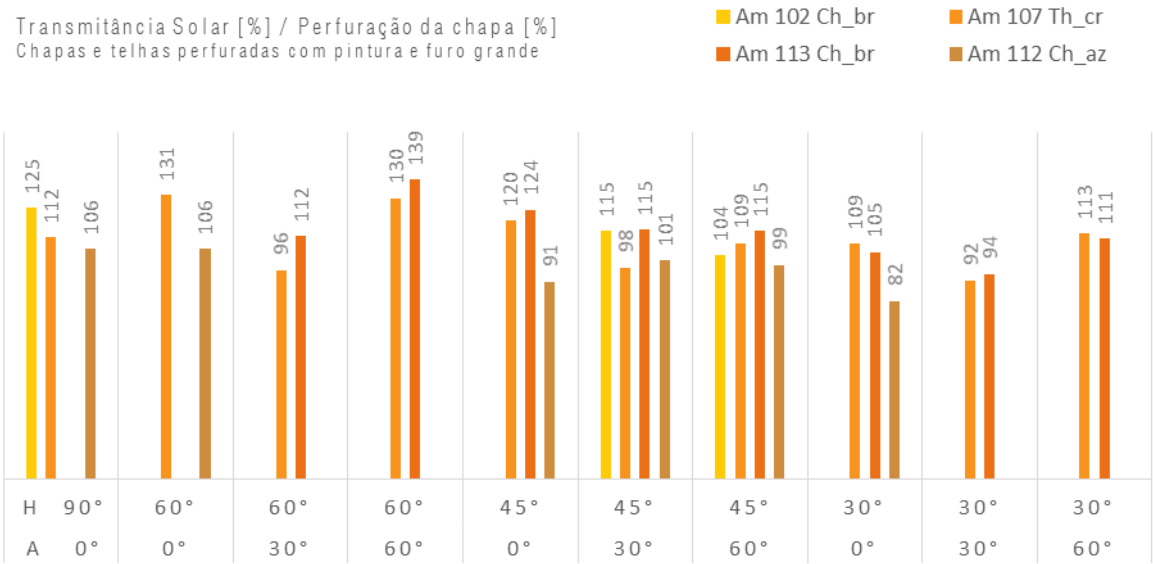


Gráfico 18 | TS sobre perfuração para chapas com pintura e furo grande

Para transmitância luminosa também ocorre o mesmo, a transmitância é próxima da perfuração, independentemente do ângulo. A transmitância luminosa para amostra branca é maior do que para outras cores.

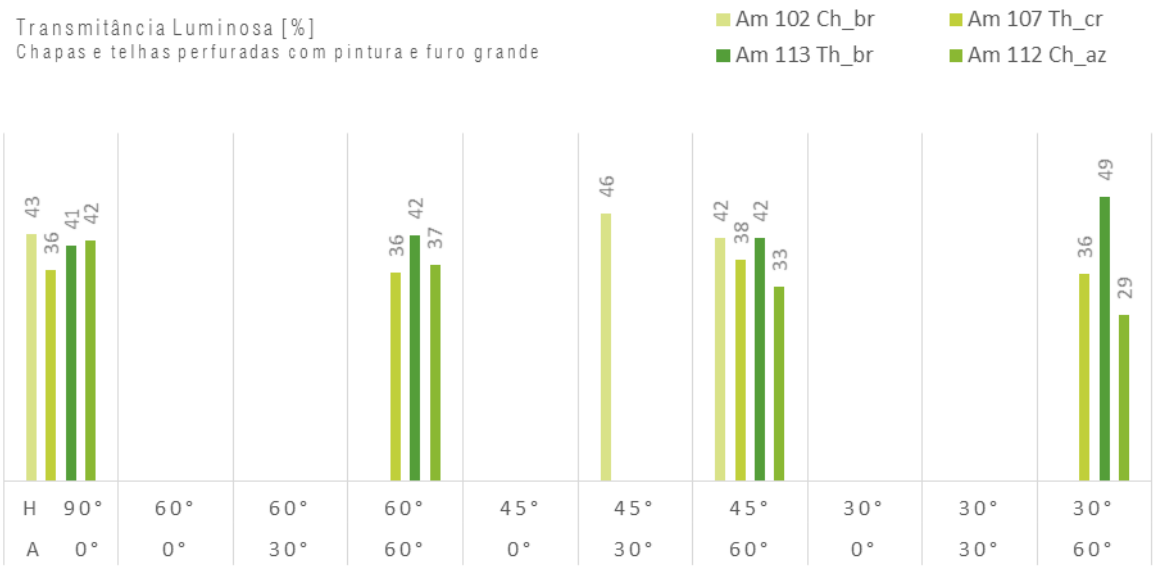


Gráfico 19 | Transmitância Luminosa para chapas com pintura e furo grande

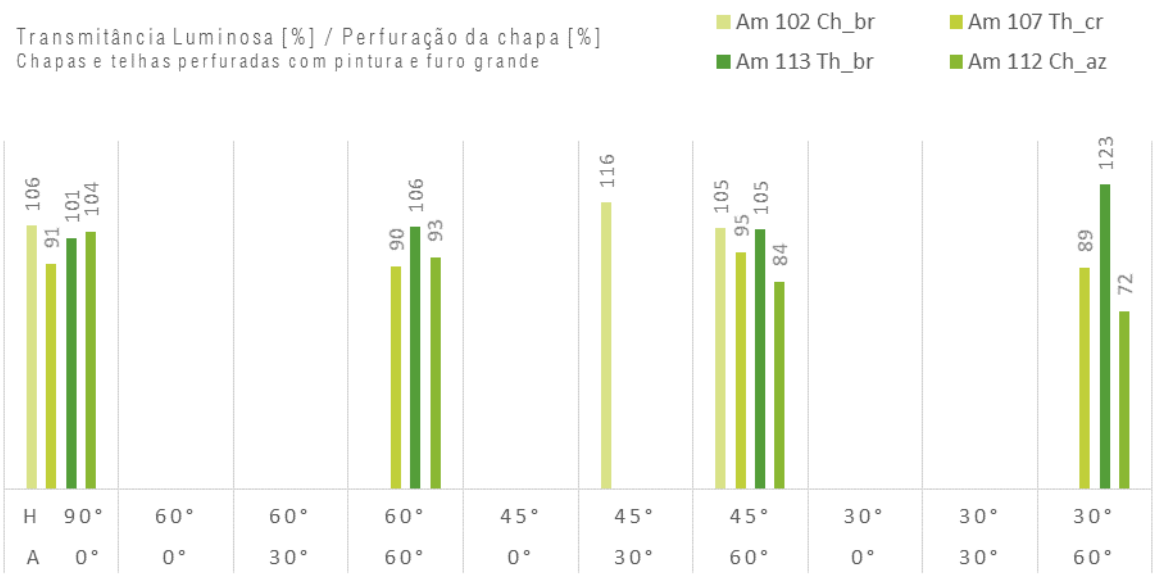


Gráfico 20 | TL sobre perfuração para chapas com pintura e furo grande

O Gráfico 21 apresenta a relação de TS/TL para todas as chapas perfuradas sem pintura ensaiadas. Em geral, para altura solar 60º, TS/TL é maior que 1, exceto na amostra 05. Para 45º, todos reduziram, exceto para amostra 09, com TS/TL mínimo igual a 0.89. Para 30º, novamente houve redução, com mínimo TS/TL igual a 0.82.

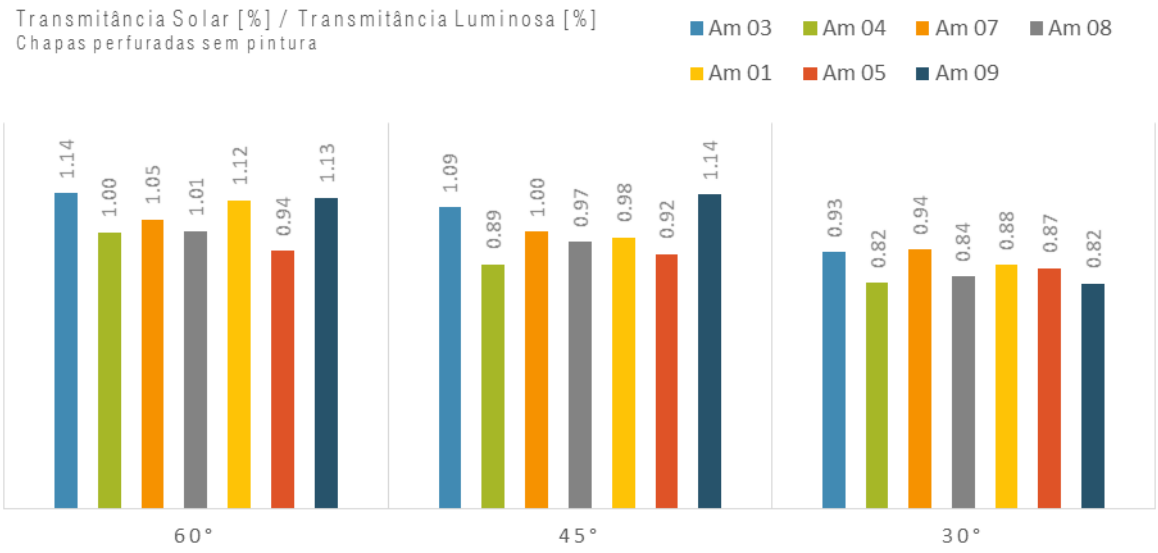


Gráfico 21 |Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa sem pintura

A relação entre TS e TL é maior que 1 para H = 60º e H = 90º. Para H = 45º e H = 30º a maioria resultou menor que 1, conforme mostra o Gráfico 22.

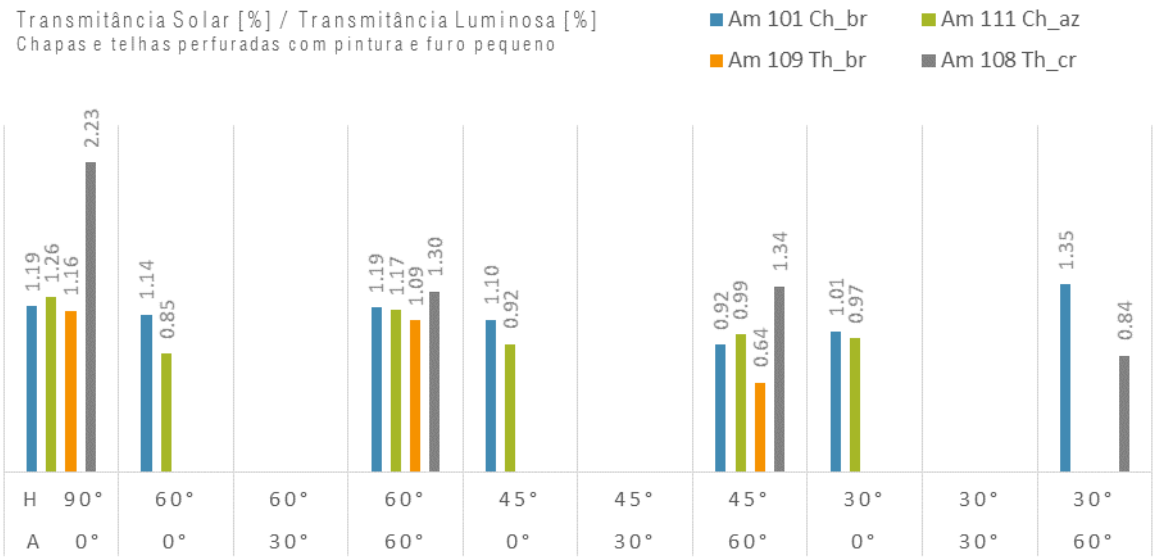


Gráfico 22 | Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa para furo pequeno

Para chapas de furo médio a relação entre TS e TL é maior que 1 para H60º e H90º. Para H45º e H30º, os resultados foram variados, segundo Gráfico 23.

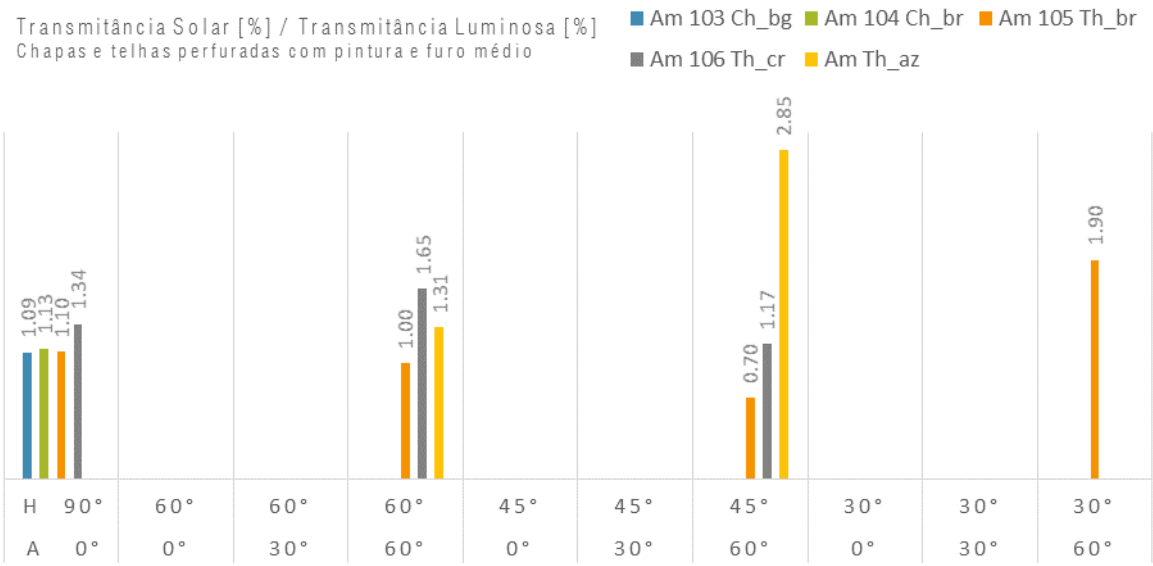


Gráfico 23 | Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa para furo médio

Para furos grandes verificou-se uma redução na taxa TS/TL conforme a altura solar diminui, mostrado no Gráfico 24.

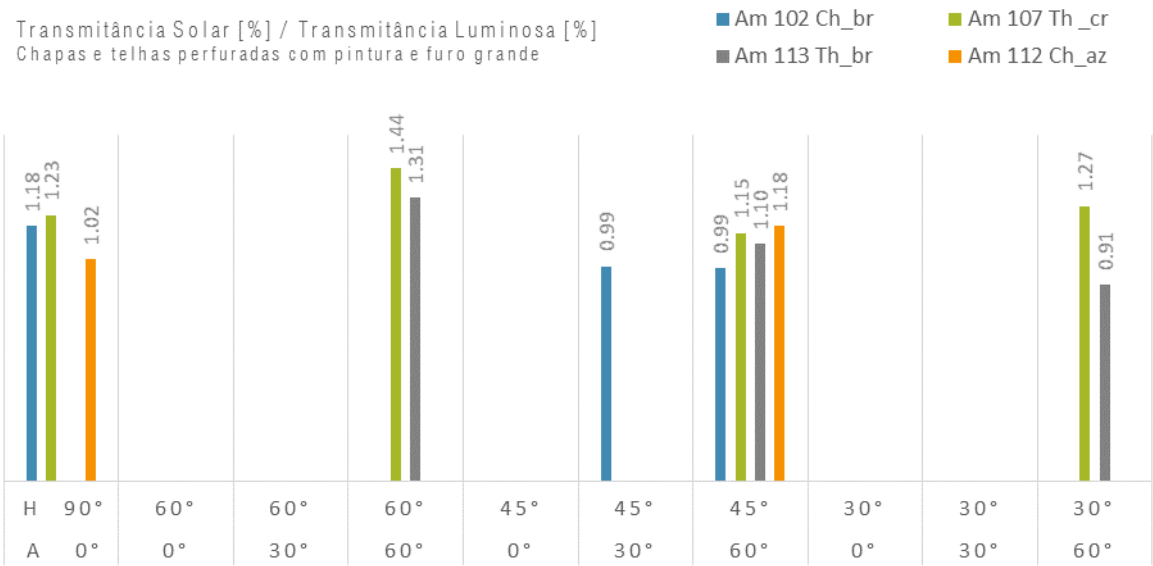


Gráfico 24 | Transmitância Solar sobre Transmitância Luminosa para furo grande

O Gráfico 25 mostra a relação entre TS e TL para todas as amostras ensaiadas, independentemente do tipo de furo e acabamento. Nota-se que para os casos estudados há uma relação direta entre transmitância solar e luminosa, sendo que a medida que a transmitância luminosa cresce a solar também aumenta.

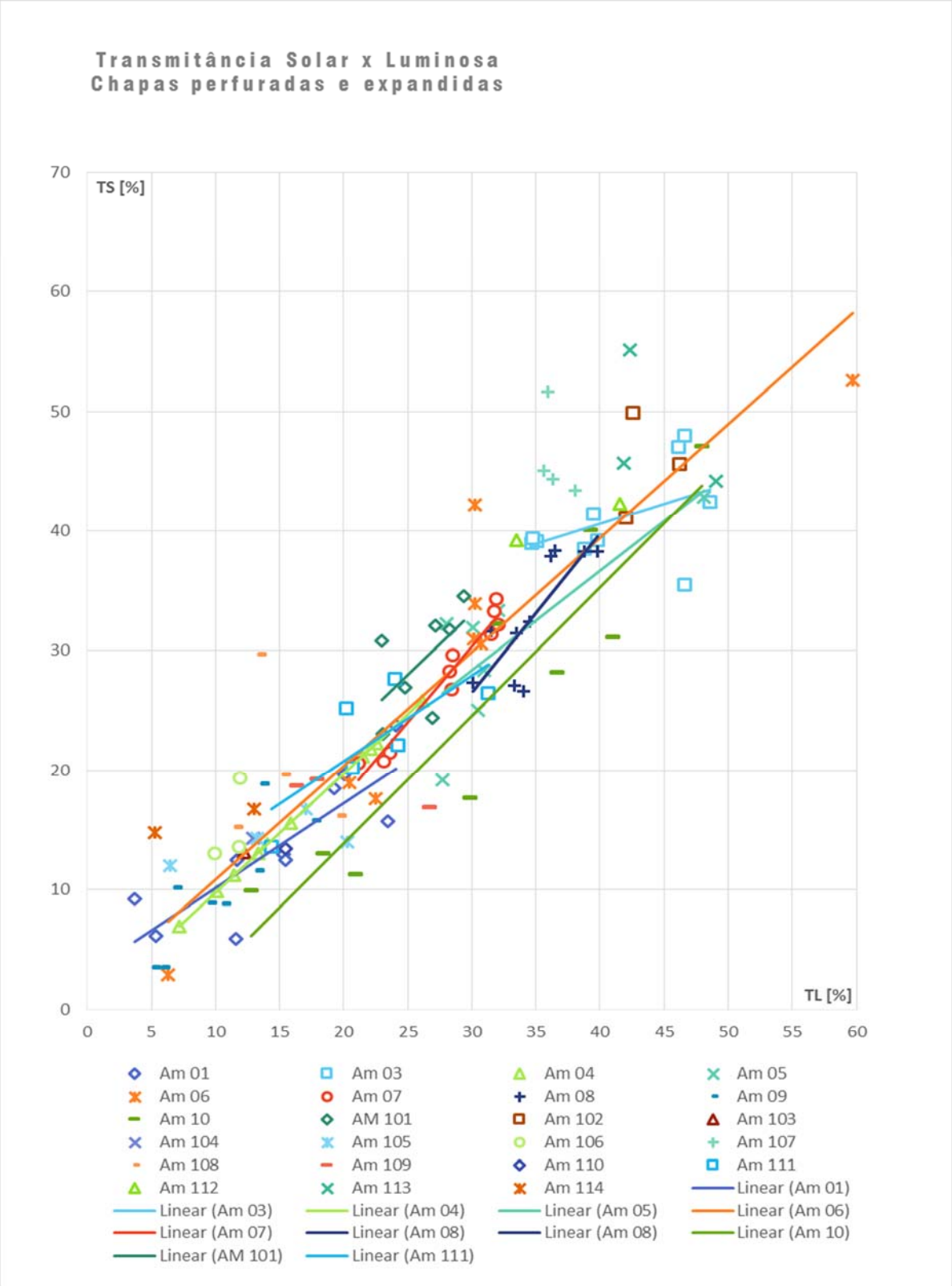


Gráfico 25 | Transmitância Solar x Transmitância Luminosa

Conforme detalhado no item 3.3, a transmitância solar de chapas perfuradas é composta de três fatores, que são: a parcela que atravessa diretamente a chapa, a parte que é absorvida e retransmitida e a parte que reflete na espessura ou na parte posterior da chapa quando a incidência não é perpendicular. Dependendo da geometria da amostra, o mesmo efeito pode ocorrer mesmo com incidência normal. Para a luz, na transmissão há somente as parcelas direta e de reflexão. Assim, os resultados da TS e TL, descritos para os diversos grupos ensaiados, mostraram-se variáveis em função da volumetria da chapa, das proporções das dimensões dos furos com sua espessura, da posição medida e das diversas incidências solares. A partir destes resultados, são feitas considerações sobre as características dos grupos.

1. altura constante, azimute variável:

Chapas sem pintura com furo redondo (03, 04, 07, 08) - Para cada ângulo medido, a proporção de radiação que atravessa diretamente a chapa, a parte que reflete na espessura e a que é absorvida e retransmitida pelo material são as mesmas independente do azimute, pois sendo o furo circular as projeções das áreas são iguais mesmo mudando a direção da incidência solar.

Chapas sem pintura com furo não redondo: quadrado (01), oblongo (05), retangular (09) - A variação do azimute para furos não redondos resulta em variação na TS e TL, por mudar a projeção da parte direta e da refletida pela espessura. No caso de A0°, a reflexão ocorre somente em uma face do furo. Conforme aumenta o azimute, a reflexão ocorre também em uma das faces laterais do furo. Assim, espera-se que TS e TL para A>0° seja crescente conforme aumenta o azimute. Isso se verificou em parte das medições das amostras 05 e 09, ainda que em pequenas proporções. No caso da amostra 01 os valores foram constantes, possivelmente devido a ter os lados do furo iguais. Em todos os casos, essa variação é somada à parcela que é transmitida diretamente, de forma que mesmo que a refletida possa aumentar, a soma das parcelas pode resultar em um valor praticamente constante.

Chapas expandidas (06, 10) - O aumento do azimute para chapas expandidas resultou em TS e TL crescentes pois quanto mais lateralmente incide a radiação, mais há a reflexão na parte posterior da chapa, devido à sua volumetria.

Chapas com pintura (101, 102, 103, 104, 111, 112) - Estas amostras demonstraram comportamento semelhante ao das chapas sem pintura, ainda que a camada de pintura possa reduzir as arestas do furo e levar a um arredondamento, mudando a direção da reflexão na sua espessura, podendo aumentar a transmissão.

Telhas com pintura (105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 114) - O aumento do azimute para as telhas reduz TS e TL para A30° e é maior para A0° e A60°, em função da geometria da chapa. Para A0°, a radiação incide perpendicularmente a uma das faces. Para A30°, incide obliquamente a duas faces, reduzindo TS e TL. No caso de A60°, o aumento da TS e TL é devido à incidência ocorrer em uma das faces próximo à perpendicular, aliado à reflexão da radiação incidente na parte posterior da chapa.

2. média de TS e TL por altura solar:

Para as chapas perfuradas planas, a maior área da transmissão direta é para H90°. Quanto menor a altura solar, mas obliquamente irá incidir a radiação, tendo uma área de projeção do furo menor, e portanto menos será transmitida. Quando a incidência não é perpendicular, há uma parcela de reflexão, porém a redução devido ao ângulo pode ser maior do que a contribuição pela reflexão, reduzindo TS e TL quanto menor a altura. Mas esta característica depende da geometria da chapa. No caso de chapas com espessura grande em relação ao tamanho do furo, TS e TL para H60° pode ser maior do que para H90°, devido à reflexão.

3. TS/TL:

À medida que diminui a altura solar, cada vez menos calor comparado a luz é transmitido para o mesmo ângulo de incidência. Considerando que a direta é igual entre os dois e a retransmitida só tem para calor, pode ser que esta parcela passa proporcionalmente cada vez menos quanto menor é o ângulo de incidência, e/ou que a reflexão pelas bordas ou pela parte posterior é maior para luz do que para calor.

4. azimute constante, altura variável:

Para os tipos de chapa estudados, ao fixar-se o azimute e reduzir a altura de incidência solar tem-se uma redução da TS e da TL. Mesmo considerando uma maior contribuição da reflexão pelas bordas, a diminuição da radiação incidente pela inclinação do ângulo provoca uma redução na TS e TL.

5. pintura (cor):

Os valores de TS e TL mais elevados para cores claras do que as médias e as cores médias mais do que as escuras resultam de dois fatores: primeiro porque a reflexão é maior quanto mais clara é a cor e segundo em função da perfuração e da geometria das amostras, pois a reflexão da radiação atravessa a amostra, refletindo na sua espessura e/ou na parte posterior da chapa. Essas características das amostras contribuem para o aumento da TS e TL quanto mais clara é sua pintura.

A seguir são apresentadas considerações sobre o método utilizado a partir dos experimentos realizados, em específico sobre as condições da área de estudo:

A - Céu - Seguindo a recomendação, foram feitos trabalhos de campo em dias ensolarados. No entanto, as condições de céu variaram em alguns períodos. Isso fez com que em alguns momentos a medição fosse interrompida por curtos períodos até que o sol voltasse a incidir diretamente. Mesmo existindo uma referência, o parâmetro de ±15º em relação ao sol mostrou-se dificultoso para se observar e seguir experimentalmente. Outro recurso utilizado além da incidência direta foi o acompanhamento dos valores registrados no datalogger, que remete ao item B.

B - Radiação – Este se relaciona também com o item A pelo fato de que as nuvens próximas ao sol fazem a radiação oscilar rapidamente, dificultando a constância nos valores coletados, muitas vezes reduzindo também a níveis de radiação abaixo do recomendado. Para céu sem nuvens, entretanto, a radiação mínima externa perpendicular maior que 700 W/m² é um valor facilmente alcançado na latitude em que os experimentos foram realizados. Mesmo sendo válida para medições fora da normal, na norma não há referência de valores mínimos para estes casos. Para incidências diferentes da normal, nas situações com o céu sem nuvens, grande parte das medições resultaram em dados estáveis com valores mínimos em torno de 400 W/m², que corresponde à valores de incidência oblíqua do sol.

C - Período de medição – O período preferencialmente utilizado para a coleta de dados foi o indicado, próximo ao meio-dia, ±3 horas. Porém também foi feita a coleta de dados durante um período mais longo, e os resultados foram comparados com uma medição da mesma amostra e ângulo de incidência dentro do período indicado, mostrando que mesmo fora do período estipulado os resultados foram coerentes, estendendo o aproveitamento do dia de medição.

D - Entorno – A indicação de entorno livre de obstruções não apresenta um valor específico para a escolha do local, como ângulo de obstrução limite. O experimento realizado em dois locais, como apresentado no item 4.8 – área de estudo mostrou que há diferentes configurações possíveis com resultados satisfatórios. No entanto, em relação à interferência do entorno não se refere ao acabamento dos materiais, inclusive de piso, que poderiam interferir na coleta de dados. Os dois locais medidos tinham piso gramado e construções baixas e/ou distantes, causando pouca interferência, a radiação direta é predominante em relação à contribuição da difusa e reflexão.

Em relação aos procedimentos de medição, temos o seguinte:

A - Caixa – com o uso do rastreador elaborado foi possível posicionar o conjunto para diversos ângulos de incidência (altura e azimute) dentro da tolerância recomendada, com as ressalvas do item F.

B e C - medida com e sem a amostra – para os ensaios realizados a medida com e sem amostra foram feitas simultaneamente, o que permitiu coleta de valores na mesma condição de radiação momentânea.

D - período de coleta de dados - o período medido foi de 5 minutos com registros a cada segundo, nos primeiros dias. Ao verificar que os valores estavam constantes dentro do desvio padrão aceitável, o tempo de coleta para cada medição foi reduzido para 2 minutos e a constância dos resultados foram mantidos. Após o posicionamento da amostra, foi marcado o próximo minuto inteiro para início da seleção de dados para aquela medição, dessa forma sempre deixando em torno de 30 segundos para a estabilização do sensor com a amostra posicionada na caixa.

E - mudança de posição e repetição da coleta – todas as amostras medidas tiveram resultados constantes sem a necessidade de mudança de posição, com exceção da amostra 02, que devido a aberturas grandes a mudança de posição não mostrou resultados diferentes.

F - Caixa – a indicação de reposicionar o conjunto pelo menos a cada 15 minutos pode estar baseada e atender a incidência normal, porém não há referência de limite de tempo nem de ângulo de tolerância para reposicionamento dos ângulos menores que 90º. O período indicado se mostrou menos que o necessário para manter na posição dentro da circunferência, que foi feito com o mesmo diâmetro independente do ângulo de incidência, o que significa uma tolerância para ângulos diferentes da normal menor do que 4º, o que para 2 minutos de seleção de dados se mostrou suficiente. Sendo assim, foi considerado um período máximo de 5 minutos para reposicionamento do conjunto e também as medidas de amostras após 5 minutos de coleta de dados foram desconsideradas.

G - diferentes locais – as medições feitas na Praça do Sol e no IEE para a amostra 07 indicaram diferenças médias de 1,32% para uma perfuração de 33%. Ainda que não indique o quanto diferente deve ser esses locais, no caso a principal diferença está na obstrução.

H - período máximo – a coleta de dados para cada medição com céu aberto não precisou passar de 10 minutos.

Para os procedimentos de cálculo recomendados tem-se as seguintes colocações:

A - média – a partir do horário registrado para o início da medição foram selecionados dois minutos seguidos com registros a cada segundo dentro do período de coleta de dados para aquela amostra, altura solar e azimute que tivessem radiação mínima cerca de 400 W/m^2 e a menor variação da radiação possível (Desvio Padrão da radiação externa menor que 100), de preferência os dois primeiros minutos da coleta. Quando isso não era atendido, o próximo minuto poderia ser selecionado caso fosse um trecho com radiação mais alta e mais estável. Em relação ao parâmetro que os valores coletados deveriam estar dentro de 1%, sendo o registro por segundo nem sempre este critério foi atendido. Preferiu-se coletar um período maior de valores e calcular o desvio padrão da média, que se mostrou baixo, dentro do recomendado pela norma. No manuseio entre uma medição e outra o mínimo que a amostra permaneceu na caixa com dados sendo coletados foi durante 1 minuto, que gerou 60 registros, invés dos 5 indicados pela norma, que a princípio parece um número reduzido. Além disso, se fosse seguido a norma, a medida sem a amostra e com a amostra não seria simultânea, enquanto que neste trabalho a comparação dos valores foi mais precisa porque foi a coleta foi simultânea.

4.11 Considerações Finais

A análise dos resultados das medições realizadas para chapas perfuradas demonstrou bons resultados nos dados coletados e para aplicação do método de medição adotado, com as adaptações mencionadas e com o desenvolvimento das peças que compuseram o sistema de medição.

Capítulo 5

CONCLUSÃO

Com base nos resultados dos experimentos apresentados e discutidos no Capítulo 4 conclui-se que a capacidade de sombreamento das chapas perfuradas varia em função da altura solar, do azimute e em função do tipo de chapa e acabamentos específicos. Verificou-se também que a transmitância varia em função do tamanho do furo e de sua relação com a espessura.

A partir da coleta e análise dos dados a seguir são indicados algumas tendências de comportamento para os tipos de chapas avaliadas a partir das chapas posicionadas na horizontal, reordenadas em relação ao item 4.10 para melhor aproveitamento das informações:

1. altura constante, azimute variável
2. azimute constante, altura variável
3. média de TS e TL por altura solar
4. TS/TL
5. Pintura (cor)

Chapas sem pintura com furo redondo (amostras 03, 04, 07, 08)

1. TS e TL são constantes independente do azimute, para uma mesma altura
2. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui, para um mesmo azimute (H60° ou menor)
3. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°
4. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL

Quanto ao ponto 1, tem-se uma influência um pouco maior para amostras com D/E = 1 para H30°. Mesmo assim, pode-se considerar a altura solar como valor principal a ser obtido e descartando as variações do azimute.

Em relação ao ponto 2, para amostras com D/E maior que 2, TS e TL aumentam de H90°para H60° e decresce a medida que diminui a altura solar. Para amostras com D/E menor que 2, TS ou TL para H60° não excede a TS ou TL para H90°. Quanto maior o furo para uma mesma perfuração, menos a espessura influencia na redução da transmitância em função da diminuição da altura solar. Se D/E for maior que 2, a transmitância resulta maior que 90% da perfuração para a menor altura estudada, H30°. Para D/E=1, a transmitância solar pode reduzir para 23% da perfuração e transmitância luminosa para 28% da perfuração.

<u>Chapas sem pintura com furo não redondo: quadrado (01), oblongo (05), retangular (09)</u>

1. TS e TL são constantes independente do azimute para a amostra com furo quadrado, enquanto que para as amostras de furo oblongo e retangular os valores variam.
2. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui, para um mesmo azimute (H60° ou menor)
3. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°
4. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL

<u>Chapas expandidas (amostras 06, 10)</u>

1. TS e TL são maiores quanto maior é o azimute, para uma mesma altura
2. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui, para um mesmo azimute (H60° ou menor)
3. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°
4. quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL
5. Para amostra com pintura branca, TL é maior e TS é menor do que para a amostra sem pintura

Chapas com pintura (amostras 101, 102, 103, 104, 111, 112)

1. TS e TL são constantes independente do azimute para uma mesma altura
2. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui, para um mesmo azimute (H60° ou menor)
3. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°
4. considera-se que quanto menor a altura solar, menor é a relação TS/TL, apesar de ter sido observado apenas para uma das amostras
5. TS e TL são maiores para chapas na cor clara (branca ou bege) do que na cor média (cerâmica), que por sua vez são maiores que na cor escura (azul)

Telhas com pintura (amostras 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 114)

1. TS e TL são maiores para azimute igual a 0º e 60º e menor para 30º para uma mesma altura solar
2. TS e TL decrescem conforme a altura solar diminui, para um mesmo azimute (H60° ou menor)
3. tem-se três faixas de transmissão - H60°, H45° e H30°
4. quanto à relação de TS/TL os resultados não foram conclusivos, pois não houve repetição significativa de um mesmo comportamento para este tipo de amostra
5. TS e TL são maiores para chapas na cor clara (branca ou bege) do que na cor média (cerâmica), que por sua vez são maiores que na cor escura (azul)

Em relação ao ponto 2 das telhas, quanto maior o furo para uma mesma perfuração, menos a espessura influencia na redução da transmitância em função da diminuição da altura solar. Se D/E em torno de 2 (furo pequeno), a transmitância resulta cerca de 50% da perfuração para a menor altura estudada, H30°. TS e TL é próxima da perfuração independente do ângulo se D/E=6 chapas com furo de 6mm (furo grande).

O método de ensaio, que também foi alvo de investigação, revelou-se adequado para a medição de chapas perfuradas em função dos experimentos realizados seguindo a norma e a partir de testes comparativos de avaliação da norma. Os aparatos elaborados também desempenharam de forma satisfatória as funções estabelecidas para os objetivos deste trabalho.

5.1 Trabalhos Futuros

A partir dos resultados alcançados, pode-se vislumbrar possibilidades de desenvolvimento de novos trabalhos, listados a seguir:

1 - Em relação ao método adotado, a partir da avaliação dos procedimentos e instrumentos elaborados, este pode ser utilizado para determinação das características solares e luminosas para uma gama variada de materiais, sejam eles opacos, transparentes ou translúcidos, com ou sem perfurações;

2 - Quanto aos dados coletados das amostras, pode-se elaborar estudos relacionados à modelagem computacional para o estabelecimento da transmitância solar e luminosa de chapas perfuradas em um número maior de ângulos e os dados experimentais podem servir de validação dos modelos;

3 - Com os dados das amostras para diversos ângulos de incidência pode-se ainda desenvolver estudos de caso para realizar simulação de consumo energético ao longo do ano.

BIBLIOGRAFIA

ALUCCI, M. P. **Coberturas têxteis:** determinação das características termo-luminosas. São Paulo: LABAUT, CNPq, 2005.

APPELFELD, D.; MCNEILL, A.; SVENDSEN, S. **An hourly based performance comparison of an integrated micro-structural perforated shading screen with standard shading systems**. Energy and Buildings. [S.l.], p. Volume 50, pp. 166-176. 2012.

ASTM. **ASTM-E972 Solar Photometric Transmittance of Sheet Materials Using Sunlight**. West Conshohocken: ASTM, 2007. 3 p.

ASTM. **ASTM-E1084 Solar Transmittance (Terrestrial) of Sheet Materials Using Sunlight**. West Conshohocken: ASTM, 2009. 6 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético nacional 2013: ano Base 2012.** Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2013.

BRUAND, Y. **Arquitetura moderna no Brasil**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

BRUDTLAND, H. G. **Our Common Future**. The World Commission on Environment and development. Oxford: Oxford University Press. 1997.

CARAM, R. M. **Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações**. 166 p.Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1998.

CAVALCANTI, L. **Quando o Brasil era moderno: guia de arquitetura 1928-1960**. Rio de Janeiro: Aeroplano. 2001.

DUFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. New York: Wiley-Interscience, 1980. 762 p.

ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005:** Classe Comercial. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2005.

ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005:** Classe Residencial. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2005.

FONSECA, I. **Qualidade da luz e sua influência sobre a saúde, o estado de ânimo e o comportamento do homem**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de

Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2000.

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004. 289 p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 7ª. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2005.

HOLMAN, J. P. **Transferência de calor (Heat Transfer)**. New York: McGraw-Hill, 1983.

KOENIGSBERGER, O. H. E. A. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977.

LAM, W. **Perception and lighting as formgivers for architecture**. Nova York: McGraw-Hill, 1977.

LAMBERTS, R. E. A. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima:** acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D. E. Luzzato e UFRS, 1985.

ROSSI, V. **Análise comparativa da eficiência de telas metálicas aplicadas como sombreadores de fachada**. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2004.

SHERIF, A. External perforated window Solar Screens: The effect of screen depth and perforation ratio on energy performance in extreme desert environments. **Energy and Buildings, Volume 52,** 2012. pp. 1-10.

SHERIF, A. External perforated Solar Screens for daylighting in residential desert buildings: Identification of minimum perforation percentages. **Solar Energy,** Volume 86, 2012. pp. 1929-1940.

SIMMLER, H.; BINDER, B. Experimental and numerical determination of the total solar energy transmittance of glazing with venetian blind shading. **Building and Environment**, v. 43, p. 197-204, 2008.

SUMMA+, Buenos Aires, v. 114, Abril 2011.

http://www.procelinfo.com.br – acesso em 25/11/2013

figuras 1 a 6 - autor: Nelson Kon

figura 7 - autor: Iwan Baan

figuras 8 e 9 autor: Jose Hevia Blach

demais figuras: autoria nossa

Apêndice

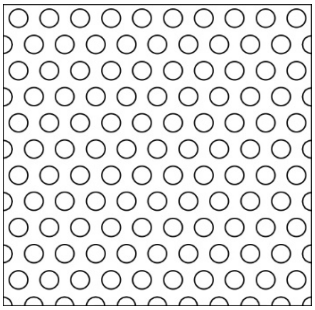
A – Ficha de resultados para seleção de ângulos | Amostra 07

B – Ficha de resultados das amostras | Amostra 01 a 10, 101 a 114

C – Ficha de aplicação como proteção solar em diversas inclinações

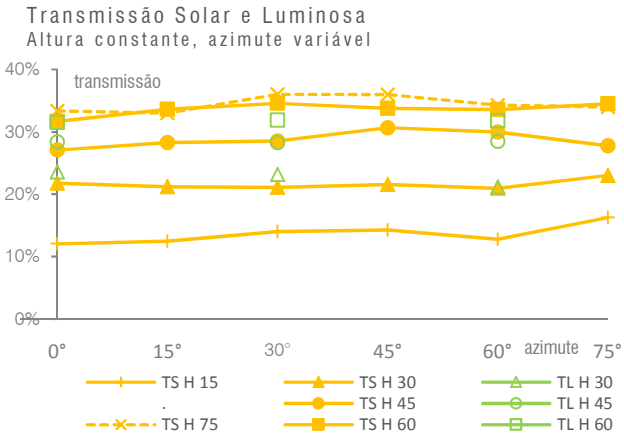
D – Dados coletados segundo ASTM E1084 para todas as medições

AMOSTRA 07



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	33%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.4 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

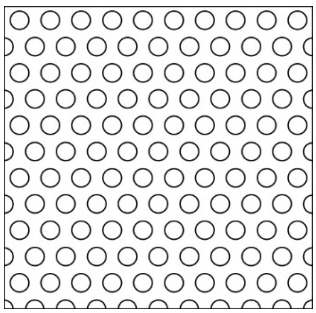
H	A	TS	TL
90°	0°	32%	32%
75°	0°	33%	
75°	15°	33%	
75°	30°	36%	
75°	45°	36%	
75°	60°	34%	
75°	75°	34%	
60°	0°	32%	32%
60°	15°	34%	
60°	30°	35%	32%
60°	45°	34%	
60°	60°	34%	32%
60°	75°	35%	
45°	0°	27%	28%
45°	15°	28%	
45°	30°	29%	28%
45°	45°	31%	
45°	60°	30%	29%
45°	75°	28%	
30°	0°	22%	24%
30°	15°	21%	
30°	30°	21%	23%
30°	45°	22%	
30°	60°	21%	21%
30°	75°	23%	
15°	0°	12%	
15°	15°	12%	
15°	30°	14%	
15°	45°	14%	
15°	60°	13%	
15°	75°	16%	



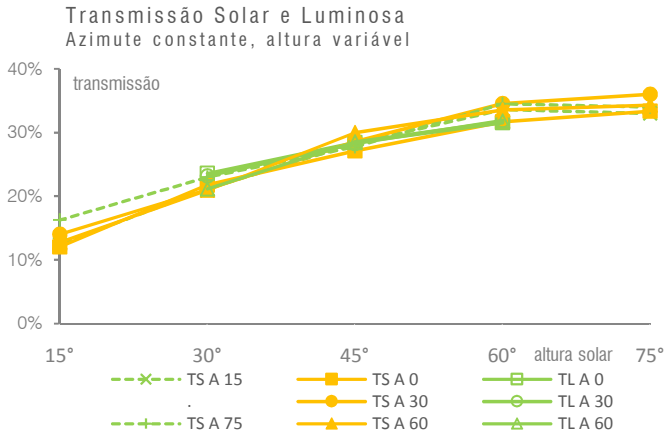
TS da amostra 07 é constante independente do azimute, com variação máxima da TS de 3% (igual a 7% da %P) para H = 60°. Foi verificado uma faixa de transmissão para cada altura: TS média para H = 75° é 34%, para H = 60° é 33%, para H = 45° é 29%, para H = 30° é 21% e para H = 15° é 14%, com redução entre as médias de 20%, sendo que para H = 75° e H = 60° os valores foram muito próximos. Em função da variação dimensional e geométrica das amostras, que poderia resultar em variação da transmitância em função do azimute, foi definido a medição dos azimutes 30°, 45°, 60°.

AMOSTRA 07

TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	33%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.4 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

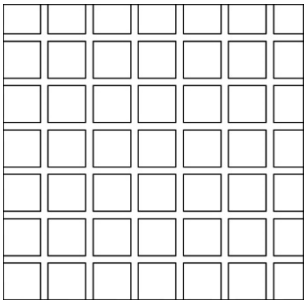


A	H	TS	TL
0°	90°	32%	32%
0°	75°	33%	
0°	60°	32%	32%
0°	45°	27%	28%
0°	30°	22%	24%
0°	15°	12%	
15°	75°	33%	
15°	60°	34%	
15°	45°	28%	
15°	30°	21%	
15°	15°	12%	
30°	75°	36%	
30°	60°	35%	32%
30°	45°	29%	28%
30°	30°	21%	23%
30°	15°	14%	
45°	75°	36%	
45°	60°	34%	
45°	45°	31%	
45°	30°	22%	
45°	15°	14%	
60°	75°	34%	
60°	60°	34%	32%
60°	45°	30%	29%
60°	30°	21%	21%
60°	15°	13%	
75°	75°	34%	
75°	60°	35%	
75°	45°	28%	
75°	30°	23%	
75°	15°	16%	



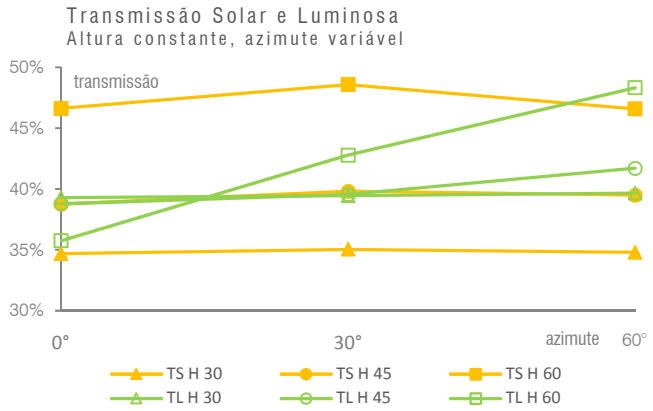
Para um determinado azimute, a TS da amostra 07 decresce conforme a altura solar diminui. A redução máxima para TS é 22% para A = 30° (igual a 67% da %P). Todos os ângulos resultaram em valores máximos e mínimos muito próximos. Assim, foi definido para as demais amostras a medição dos ângulos centrais, de alturas solares 30°, 45°, 60°.

AMOSTRA 01



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	QUADRADO
PERFURAÇÃO	44%
DIMENSÃO DO FURO	4.0 x 4.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	46%	47%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	35%	39%
30°	30°	35%	39%
30°	60°	35%	40%

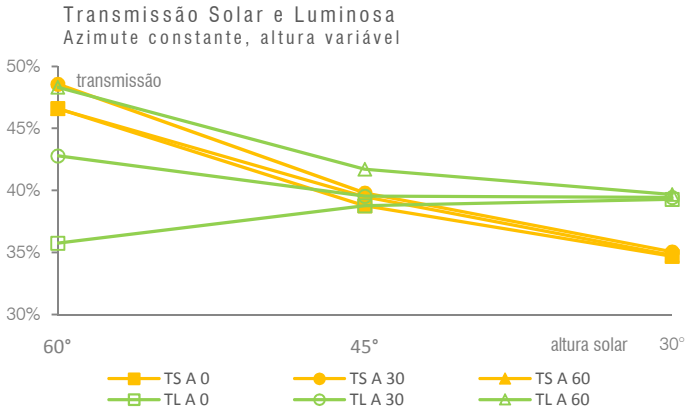


TS e TL da amostra 01 são constantes independente do azimute, exceto para TL H60°, que é crescente. A variação máxima da TS é 2% para H60° (igual a 5% da PP) e da TL é 12% para H60° (27% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=48% (108% PP), H45°=39% (89% PP) e H30°=35% (80% PP), com redução entre as médias de 13% (29% PP). As TL médias são: H60°=42% (96% PP), H45°=40% (92% PP) e H30°=39% (89% PP), com redução entre as médias de 3% (7% PP).

Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.13, para H45°=0.98 e para H30°=0.89.

A	H	TS	TL
0°	90°	46%	47%
0°	60°	47%	36%
0°	45°	39%	39%
0°	30°	35%	39%
30°	60°	49%	43%
30°	45°	40%	40%
30°	30°	35%	39%
60°	60°	47%	48%
60°	45°	39%	42%
60°	30°	35%	40%

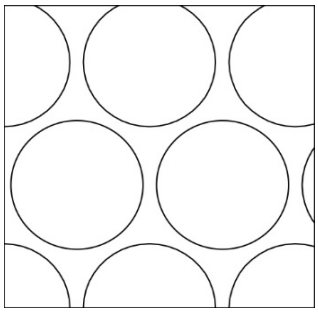


Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 01 decrescem ou se mantem praticamente iguais conforme a altura solar diminui, exceto para TL com A0°, As reduções máximas são: TS=14% para A30° (32% PP) e TL=8% para A60° (18% PP). O aumento máximo da TL é 3% para A0° (7% PP).

TS = transmissão solar *TL = transmissão luminosa*
PP = porcentagem de perfuração da chapa
H = altura solar *A = azimute*

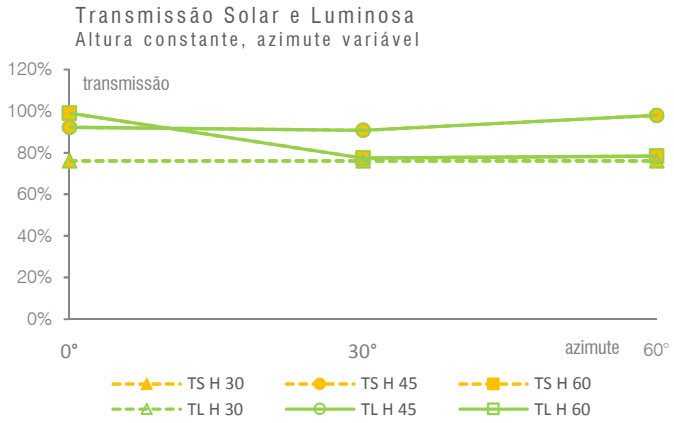
Ficha de resultado das medições | Amostra 01

AMOSTRA 02



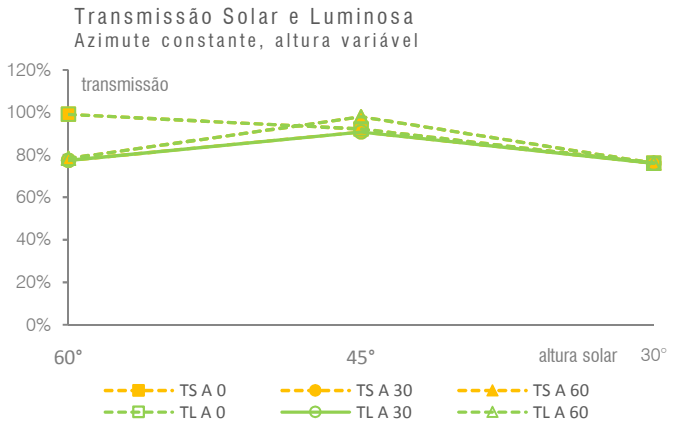
TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	75%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 17.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.5 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	45%	45%
60°	0°	99%	99%
60°	30°	77%	77%
60°	60°	78%	78%
45°	0°	92%	92%
45°	30°	91%	91%
45°	60°	98%	98%
30°	0°	76%	76%
30°	30°	76%	76%
30°	60°	76%	76%

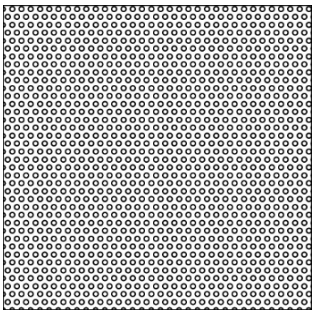


Os valores da amostra 02 excederam as dimensões adequadas para medição, uma vez que metade dos resultado de TL chegaram a quase 100% da energia incidente.

A	H	TS	TL
0°	90°	45%	45%
0°	60°	99%	99%
0°	45°	92%	92%
0°	30°	76%	76%
30°	60°	77%	77%
30°	45°	91%	91%
30°	30°	76%	76%
60°	60°	78%	78%
60°	45°	98%	98%
60°	30°	76%	76%

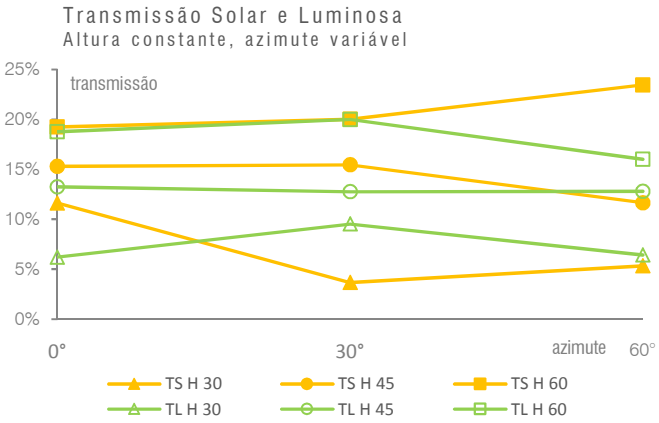


AMOSTRA 03



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	23%
DIMENSÃO DO FURO	∅ 0.6 mm
ESPESSURA CHAPA	0.5 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	24%	24%
60°	0°	19%	19%
60°	30°	20%	20%
60°	60°	23%	16%
45°	0°	15%	13%
45°	30°	15%	13%
45°	60°	12%	13%
30°	0°	12%	6%
30°	30°	4%	10%
30°	60°	5%	6%

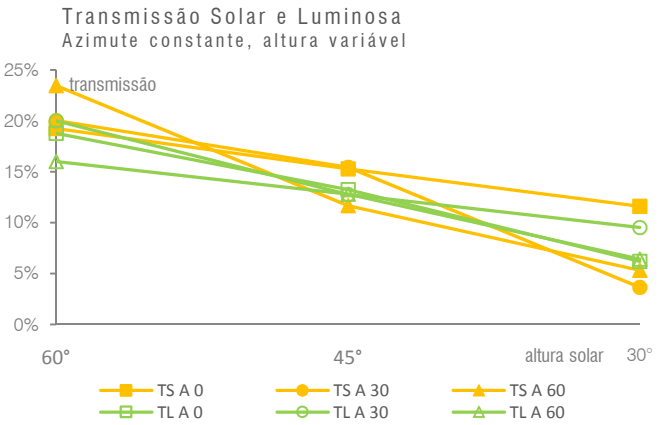


TS e TL da amostra 03 são constantes ndependente do azimute. A variação máxima da TS é 8% para H30° (igual a 35% da PP) e da TL é 4% para H30° (17% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=21% (90% PP), H45°=14% (61% PP) e H30°=7% (30% PP), com redução entre as médias de 14% (59% PP). As TL médias são: H60°=18% (76% PP), H45°=13% (57% PP) e H30°=7% (32% PP), com redução entre as médias de 10% (44% PP).

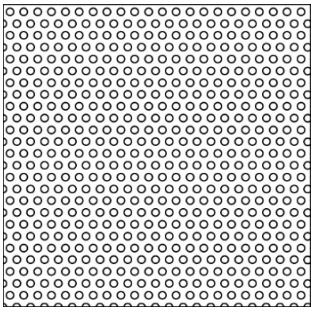
Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.18, para H45°=1.08 e para H30°=0.95.

A	H	TS	TL
0°	90°	24%	24%
0°	60°	19%	19%
0°	45°	15%	13%
0°	30°	12%	6%
30°	60°	20%	20%
30°	45°	15%	13%
30°	30°	4%	10%
60°	60°	23%	16%
60°	45°	12%	13%
60°	30°	5%	6%



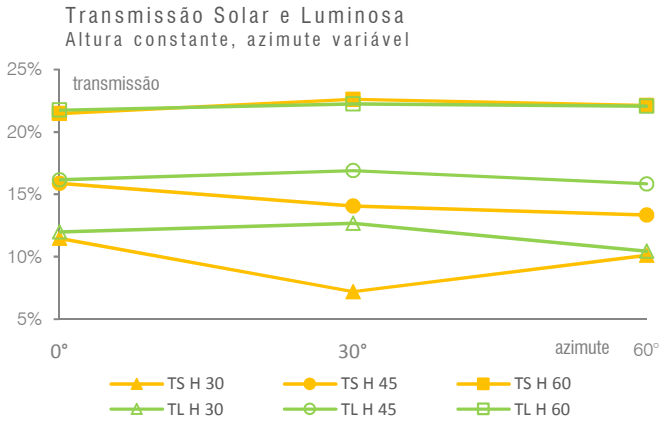
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 03 decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=18% para A60° (78% PP) e TL=13% para A0° (57% PP).

AMOSTRA 04



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	23%
DIMENSÃO DO FURO	∅ 0.9 mm
ESPESSURA CHAPA	0.8 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	26%	25%
60°	0°	21%	22%
60°	30°	23%	22%
60°	60°	22%	22%
45°	0°	16%	16%
45°	30°	14%	17%
45°	60°	13%	16%
30°	0°	11%	12%
30°	30°	7%	13%
30°	60°	10%	10%

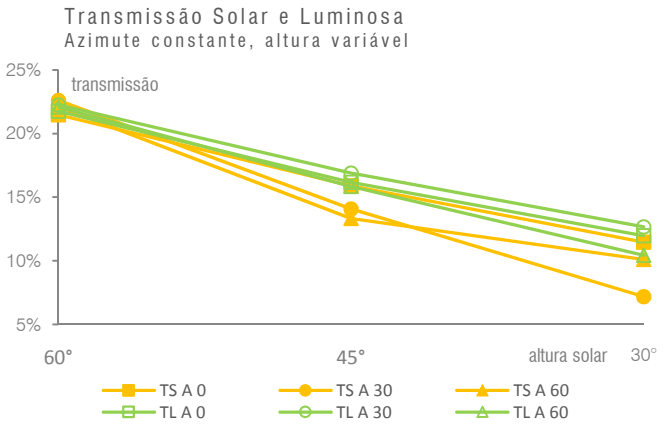


TS e TL da amostra 04 são constantes independente do azimute. A variação máxima da TS é 4% para H30° (igual a 17% da PP) e da TL é 3% para H30° (13% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=22% (96% PP), H45°=14% (62% PP) e H30°=9% (41% PP), com redução entre as médias de 13% (55% PP). As TL médias são: H60°=22% (96% PP), H45°=16% (71% PP) e H30°=12% (51% PP), com redução entre as médias de 10% (45% PP).

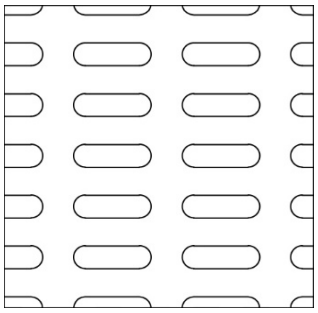
Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.00, para H45°=0.88 e para H30°=0.80.

A	H	TS	TL
0°	90°	26%	25%
0°	60°	21%	22%
0°	45°	16%	16%
0°	30°	11%	12%
30°	60°	23%	22%
30°	45°	14%	17%
30°	30°	7%	13%
60°	60°	22%	22%
60°	45°	13%	16%
60°	30°	10%	10%



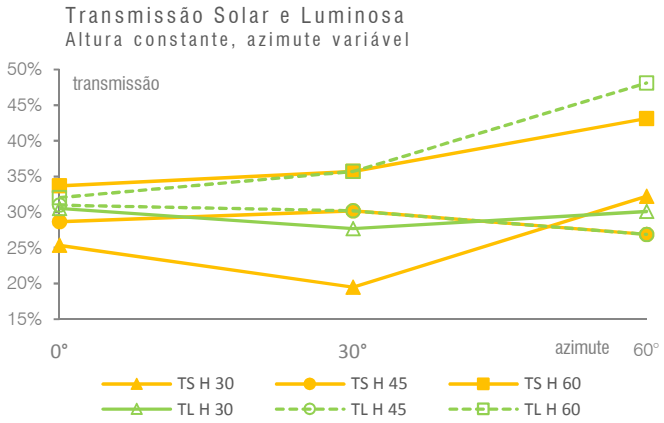
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 04 decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=16% para A30° (70% PP) e TL=12% para A60° (52% PP).

AMOSTRA 05



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	OBLONGO
PERFURAÇÃO	30%
DIMENSÃO DO FURO	10.0 x 3.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.5 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	33%	28%
60°	0°	34%	32%
60°	30°	36%	36%
60°	60°	43%	48%
45°	0°	29%	31%
45°	30°	30%	30%
45°	60°	27%	27%
30°	0°	25%	31%
30°	30°	19%	28%
30°	60°	32%	30%

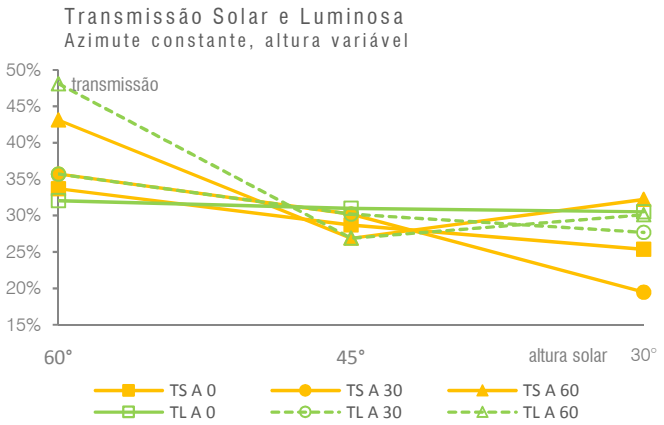


TS da amostra 05 aumenta para H60°, é constante para H45° e diminui e aumenta para H30° conforme aumenta o azimute. TL aumenta para H60° e é constante para H30°. A variação máxima da TS é 13% para H30° (igual a 43% da PP) e da TL é 16% para H60° (53% PP).

Assim, as TS médias são: H60°=38% (126% PP), H45°=29% (96% PP) e H30°=25% (84% PP), com redução entre as médias de 12% (41% PP). As TL médias são: H60°=40% (97% PP), H45°=31% (86% PP) e H30°=30% (69% PP), com redução entre as médias de 10% (34% PP).

Para H90°, TS/TL=1.18. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=0.94, para H45°=0.92 e para H30°=0.85.

A	H	TS	TL
0°	90°	33%	28%
0°	60°	34%	32%
0°	45°	29%	31%
0°	30°	25%	31%
30°	60°	36%	36%
30°	45°	30%	30%
30°	30°	19%	28%
60°	60°	43%	48%
60°	45°	27%	27%
60°	30°	32%	30%

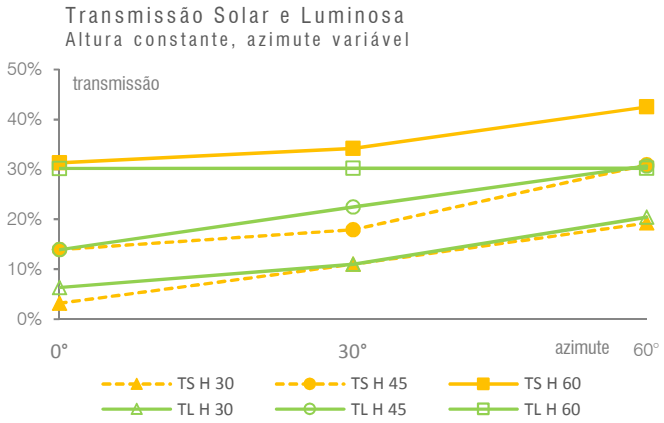


Para um determinado azimute, TS da amostra 05 decresce para A0° e A30° e descresce e aumenta para A60° conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL diminui ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar é menor. As reduções máximas são: TS=17% para A30° (57% PP) e TL=18% para A60° (60% PP). O aumento máximo da TS é 5% para A60° (17% PP). Apesar do valor médio por altura ser uma referência, vemos que cada faixa de altura tem um comportamento distinto.

AMOSTRA 06

TIPO	CHAPA EXPANDIDA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	LOSANGO
PERFURAÇÃO	40%
DIMENSÃO DO FURO	11.0 x 3.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	53%	60%
60°	0°	31%	30%
60°	30°	34%	30%
60°	60°	43%	30%
45°	0°	14%	14%
45°	30°	18%	22%
45°	60°	31%	31%
30°	0°	3%	6%
30°	30°	11%	11%
30°	60°	19%	20%

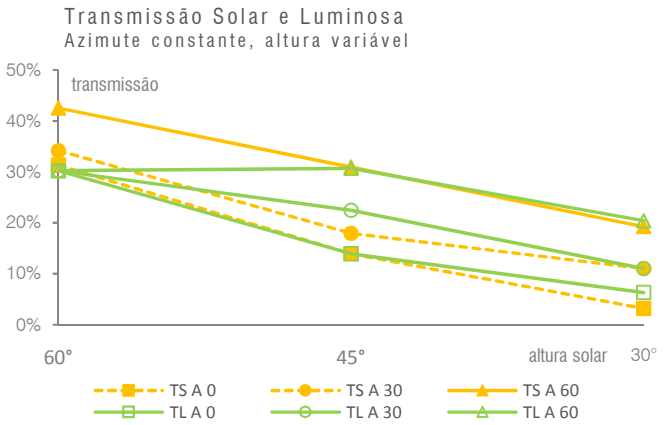


TS e TL da amostra 06 são crescentes conforme aumenta o azimute, exceto para TL H60°, que é constante. A variação máxima da TS é 16% para H30° (igual a 40% da PP) e da TL é 17% para H45° (43% PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=36% (90% PP), H45°=25% (61% PP) e H30°=11% (28% PP), com redução entre as médias de 25% (63% PP). As TL médias são: H60°=30% (75% PP), H45°=22% (56% PP) e H30°=12% (31% PP), com redução entre as médias de 18% (44% PP).

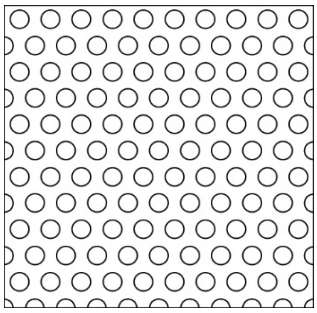
Para H90°, TS/TL=0.88. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.20, para H45°=1.10 e para H30°=0.89.

A	H	TS	TL
0°	90°	53%	60%
0°	60°	31%	30%
0°	45°	14%	14%
0°	30°	3%	6%
30°	60°	34%	30%
30°	45°	18%	22%
30°	30°	11%	11%
60°	60°	43%	30%
60°	45°	31%	31%
60°	30°	19%	20%



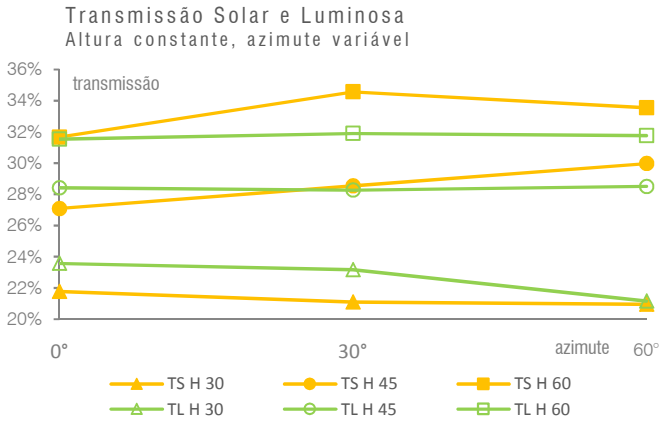
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 06 decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=24% para A60° (60% PP) e TL=24% para A0° (60% PP). Apesar do valor médio por altura ser uma referência, o aumento do azimute faz a TS e TL crescer, enquanto que o aumento da altura solar faz a TS e TL diminuir. Sendo assim, cada par de ângulo tem um resultado distinto.

AMOSTRA 07



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	33%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.4 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	32%	32%
60°	0°	32%	32%
60°	30°	35%	32%
60°	60°	34%	32%
45°	0°	27%	28%
45°	30°	29%	28%
45°	60°	30%	29%
30°	0°	22%	24%
30°	30°	21%	23%
30°	60°	21%	21%

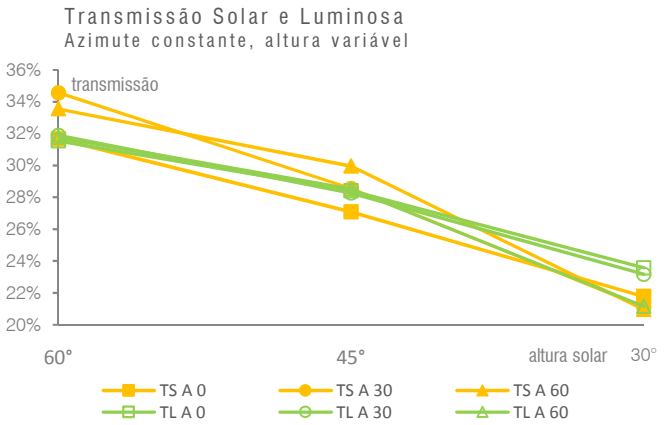


TS e TL da amostra 07 são constantes independente do azimute. A variação máxima da TS é 3% para H60° (igual a 9% da PP) e da TL é 3% para H30° (9% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=34% (102% PP), H45°=29% (87% PP) e H30°=21% (65% PP), com redução entre as médias de 12% (37% PP). As TL médias são: H60°=32% (97% PP), H45°=28% (86% PP) e H30°=23% (69% PP), com redução entre as médias de 9% (28% PP).

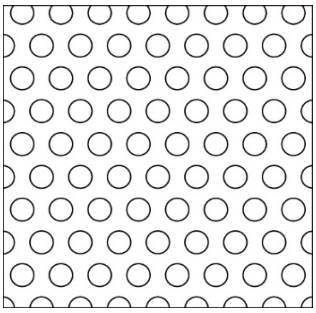
Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.05, para H45°=1.01 e para H30°=0.94.

A	H	TS	TL
0°	90°	32%	32%
0°	60°	32%	32%
0°	45°	27%	28%
0°	30°	22%	24%
30°	60°	35%	32%
30°	45°	29%	28%
30°	30°	21%	23%
60°	60°	34%	32%
60°	45°	30%	29%
60°	30°	21%	21%



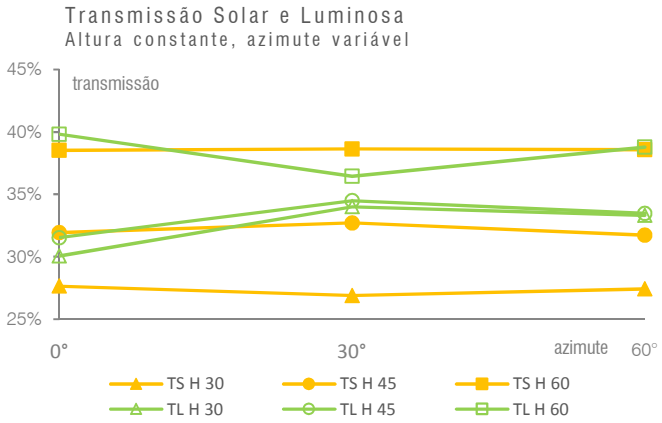
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 07 decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=14% para A30° (42% PP) e TL=11% para A60° (33% PP).

AMOSTRA 08



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	33%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 3.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	38%	36%
60°	0°	39%	40%
60°	30°	39%	36%
60°	60°	39%	39%
45°	0°	32%	32%
45°	30°	33%	34%
45°	60°	32%	33%
30°	0°	28%	30%
30°	30°	27%	34%
30°	60°	27%	33%

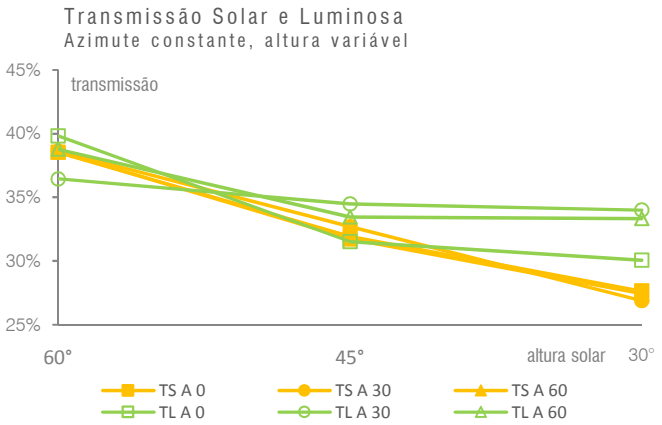


TS e TL da amostra 08 são constantes independente do azimute. A variação máxima da TS é 1% para H30° (igual a 2% da PP) e da TL é 4% para H30° (12% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=39% (118% PP), H45°=32% (98% PP) e H30°=27% (83% PP), com redução entre as médias de 12% (35% PP). As TL médias são: H60°=38% (116% PP), H45°=33% (100% PP) e H30°=32% (98% PP), com redução entre as médias de 6% (18% PP).

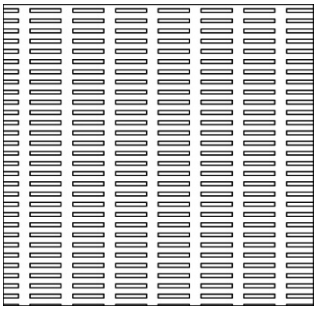
Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.02, para H45°=0.98 e para H30°=0.85.

A	H	TS	TL
0°	90°	38%	36%
0°	60°	39%	40%
0°	45°	32%	32%
0°	30°	28%	30%
30°	60°	39%	36%
30°	45°	33%	34%
30°	30°	27%	34%
60°	60°	39%	39%
60°	45°	32%	33%
60°	30°	27%	33%



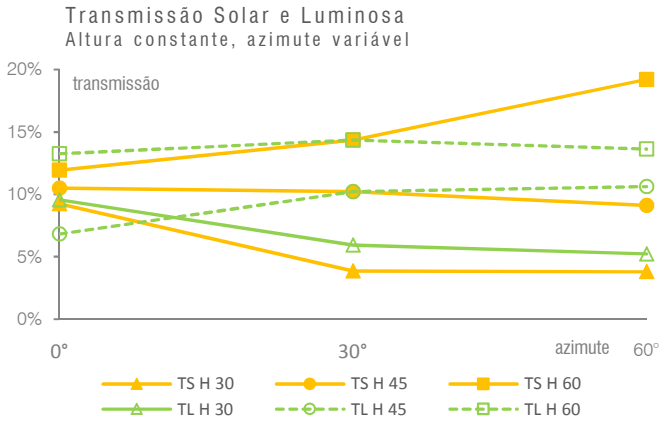
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 08 decrescem ou se mantem praticamente iguais conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=12% para A60° (36% PP) e TL=10% para A0° (30% PP).

AMOSTRA 09



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	RETANGULAR
PERFURAÇÃO	27%
DIMENSÃO DO FURO	4.0 x 0.5 mm
ESPESSURA CHAPA	0.5 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	16%	18%
60°	0°	12%	13%
60°	30°	14%	14%
60°	60°	19%	14%
45°	0°	11%	7%
45°	30°	10%	10%
45°	60°	9%	11%
30°	0°	9%	10%
30°	30°	4%	6%
30°	60°	4%	5%

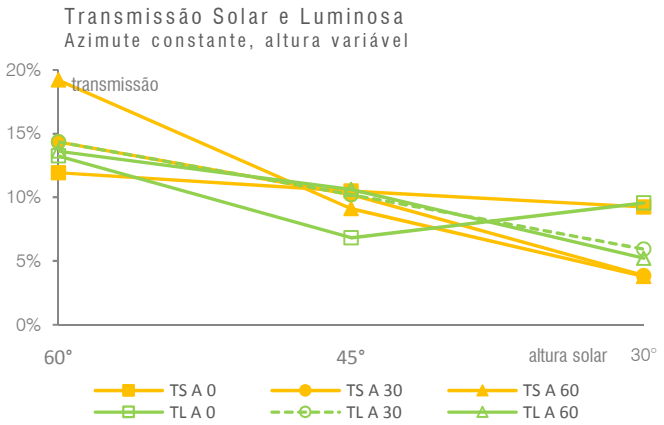


TS da amostra 09 aumenta para H60°, é constante para H45° e diminui para H30° conforme aumenta o azimute. TL é constante para H60°, aumenta para H45° e diminui para H30°. A variação máxima da TS é 7% para H60° (igual a 26% da PP) e da TL é 5% para H30° (19% PP)

Assim, as TS médias são: H60°=15% (56% PP), H45°=10% (37% PP) e H30°=6% (21% PP), com redução entre as médias de 9% (35% PP). As TL médias são: H60°=14% (50% PP), H45°=9% (33% PP) e H30°=7% (26% PP), com redução entre as médias de 7% (24% PP).

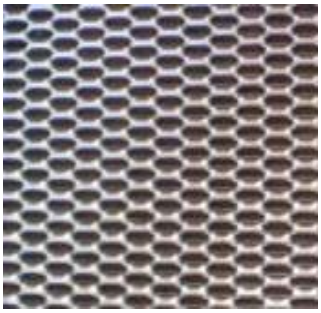
Para H90°, TS/TL=0.89. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.12, para H45°=1.11 e para H30°=0.81.

A	H	TS	TL
0°	90°	16%	18%
0°	60°	12%	13%
0°	45°	11%	7%
0°	30°	9%	10%
30°	60°	14%	14%
30°	45°	10%	10%
30°	30°	4%	6%
60°	60°	19%	14%
60°	45°	9%	11%
60°	30°	4%	5%



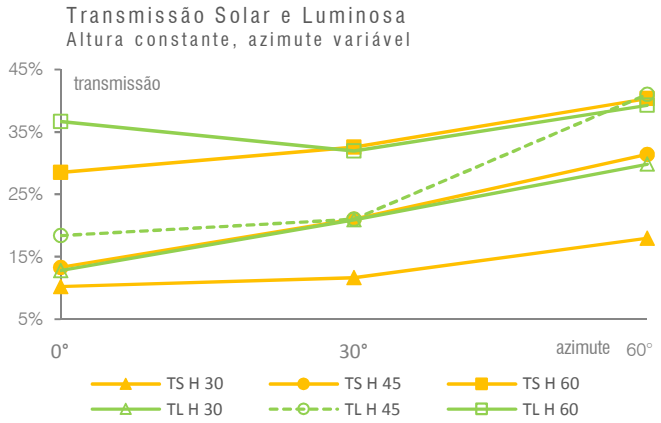
Para um determinado azimute, TS da amostra 09 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL decresce para A60° conforme a altura solar é menor e aumenta e depois diminui para A0°. As reduções máximas são: TS=15% para A60° (56% PP) e TL=9% para A60° (33% PP). O aumento máximo da TL é 6% para A0° (22% PP). Apesar do valor médio por altura ser uma referência, vemos que cada faixa de altura tem um comportamento distinto.

AMOSTRA 10



TIPO	CHAPA EXPANDIDA
ACABAMENTO	PINTURA COR BRANCA
FORMATO DO FURO	LOSANGO
PERFURAÇÃO	40%
DIMENSÃO DO FURO	11.0 x 3.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	47%	48%
60°	0°	29%	37%
60°	30°	33%	32%
60°	60°	40%	39%
45°	0°	13%	18%
45°	30°	21%	21%
45°	60°	31%	41%
30°	0°	10%	13%
30°	30°	12%	21%
30°	60°	18%	30%

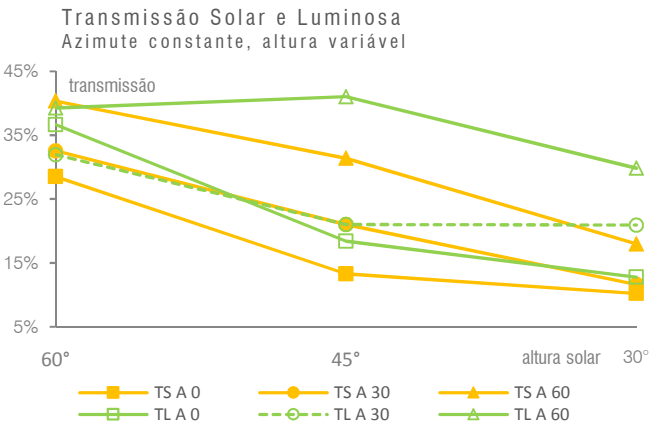


TS e TL da amostra 10 são crescentes conforme aumenta o azimute, exceto para TL H60°, que é variável. A variação máxima da TS é 18% para H45° (igual a 45% da PP) e da TL é 23% para H45° (58% PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=34% (85% PP), H45°=22% (54% PP) e H30°=13% (33% PP), com redução entre as médias de 21% (52% PP). As TL médias são: H60°=36% (90% PP), H45°=30% (74% PP) e H30°=21% (53% PP), com redução entre as médias de 15% (37% PP).

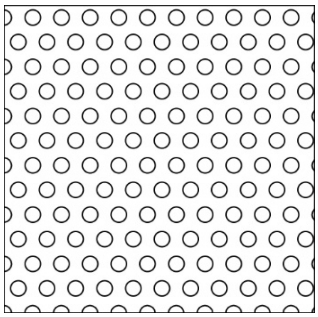
Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=0.94, para H45°=0.73 e para H30°=0.63.

A	H	TS	TL
0°	90°	47%	48%
0°	60°	29%	37%
0°	45°	13%	18%
0°	30°	10%	13%
30°	60°	33%	32%
30°	45°	21%	21%
30°	30°	12%	21%
60°	60°	40%	39%
60°	45°	31%	41%
60°	30°	18%	30%



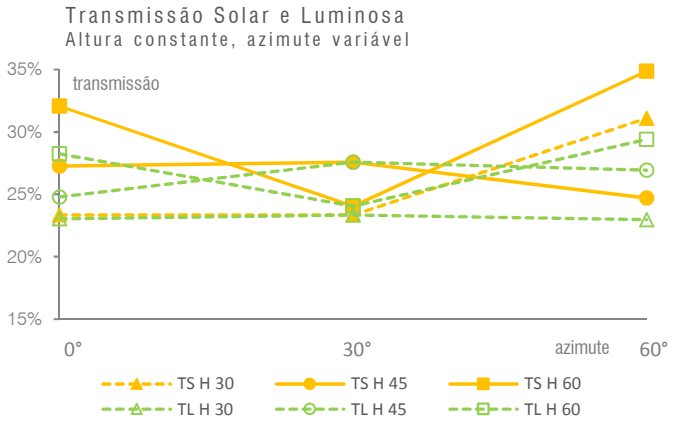
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 10 decrescem ou se mantem praticamente iguais conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=22% para A60° (55% PP) e TL=32% para A30° (80% PP). Apesar do valor médio por altura ser uma referência, o aumento do azimute faz a TS e TL crescer, enquanto que o aumento da altura solar faz a TS e TL diminuir. Sendo assim, cada par de ângulo tem um resultado distinto.

AMOSTRA 101



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BRANCA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	23%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	32%	27%
60°	0°	32%	28%
60°	30°	24%	24%
60°	60°	35%	29%
45°	0°	27%	25%
45°	30°	28%	28%
45°	60°	25%	27%
30°	0°	23%	23%
30°	30°	23%	23%
30°	60°	31%	23%

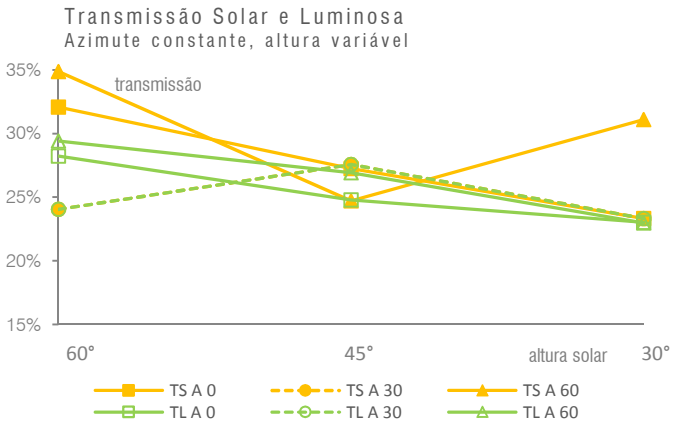


TS e TL da amostra 101 é constante independente do azimute, exceto para H60° que é variável. A variação máxima da TS é 11% para H60° (igual a 48% da PP) e da TL é 2% para H45° (9% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=30% (132% PP), H45°=27% (116% PP) e H30°=27% (116% PP), com redução entre as médias de 3% (14% PP). As TL médias são: H60°=29% (124% PP), H45°=26% (113% PP) e H30°=23% (100% PP), com redução entre as médias de 6% (24% PP).

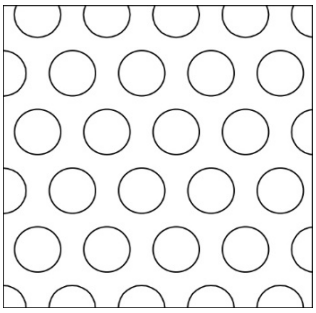
Para H90°, TS/TL=1.19. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=1.06, para H45°=1.03 e para H30°=1.17.

A	H	TS	TL
0°	90°	32%	27%
0°	60°	32%	28%
0°	45°	27%	25%
0°	30°	23%	23%
30°	60°	24%	24%
30°	45°	28%	28%
30°	30°	23%	23%
60°	60°	35%	29%
60°	45°	25%	27%
60°	30°	31%	23%



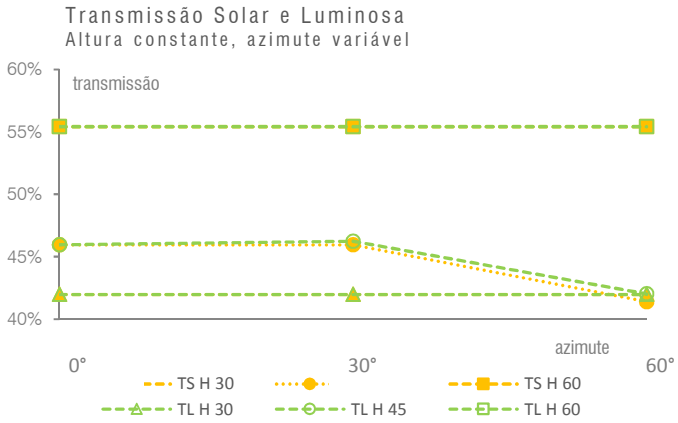
Para um determinado azimute, dentre os ângulos medidos, TS e TL da amostra 101 decrescem conforme a altura solar diminui, exceto para TS A30° e A60°, que é variável. As reduções máximas são: TS=10% para A60° (43% PP) e TL=6% para A60° (26% PP). O aumento máximo da TS é 6% para A60° (26% PP).

AMOSTRA 102



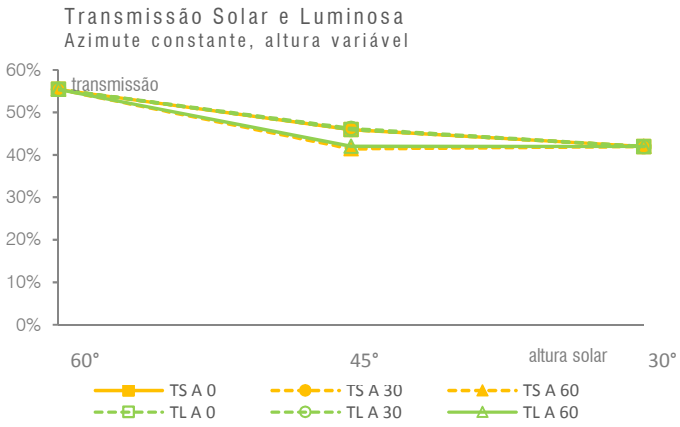
TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BRANCA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	40%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 6.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	50%	43%
60°	0°	55%	55%
60°	30°	55%	55%
60°	60°	55%	55%
45°	0°	46%	46%
45°	30°	46%	46%
45°	60°	41%	42%
30°	0°	42%	42%
30°	30°	42%	42%
30°	60°	42%	42%

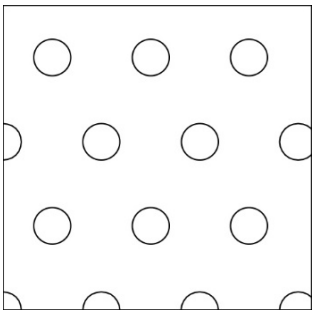


Para a amostra 102 somente alguns ângulos foram medidos, os demais foram considerados equivalentes à amostra 113, de mesma perfuração e cor branca.

A	H	TS	TL
0°	90°	50%	43%
0°	60°	55%	55%
0°	45°	46%	46%
0°	30°	42%	42%
30°	60°	55%	55%
30°	45°	46%	46%
30°	30°	42%	42%
60°	60°	55%	55%
60°	45°	41%	42%
60°	30°	42%	42%

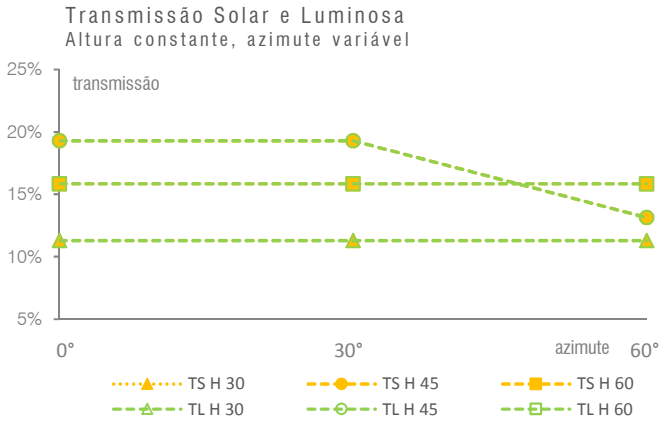


AMOSTRA 103



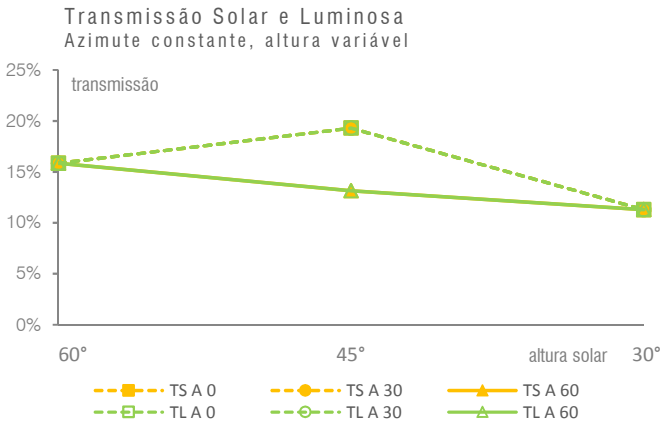
TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BEGE
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	14%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 4.8 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	13%	12%
60°	0°	16%	16%
60°	30°	16%	16%
60°	60°	16%	16%
45°	0°	19%	19%
45°	30°	19%	19%
45°	60°	13%	13%
30°	0°	11%	11%
30°	30°	11%	11%
30°	60°	11%	11%



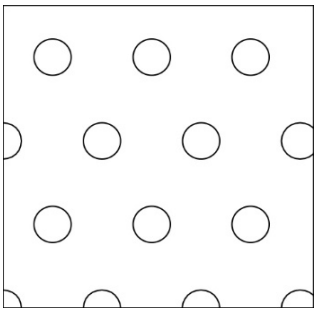
Para a amostra 103 somente alguns ângulos foram medidos, os demais foram considerados equivalentes à amostra 105, de mesma perfuração e também de cor clara.

A	H	TS	TL
0°	90°	13%	12%
0°	60°	16%	16%
0°	45°	19%	19%
0°	30°	11%	11%
30°	60°	16%	16%
30°	45°	19%	19%
30°	30°	11%	11%
60°	60°	16%	16%
60°	45°	13%	13%
60°	30°	11%	11%



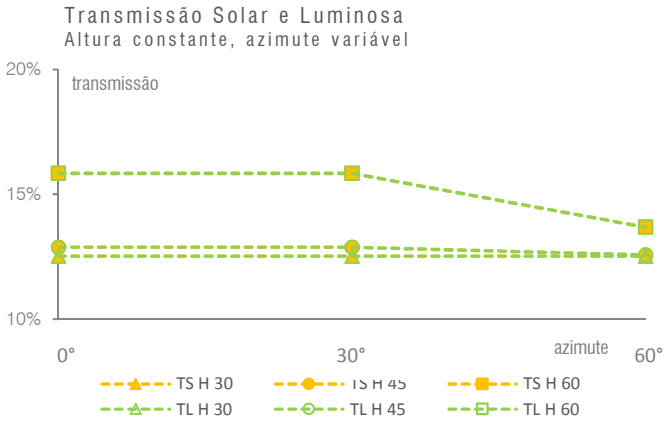
Para as medidas obtidas, para A=60º TS e TL da amostra 103 decrescem quando H decresce. Não foram obtidos dados que sejam conclusivos para a interpretação de TS e TL para A=0º e A=30º. A redução máxima para TS é 10% para A = 60° (igual a 23% da %P).

AMOSTRA 104



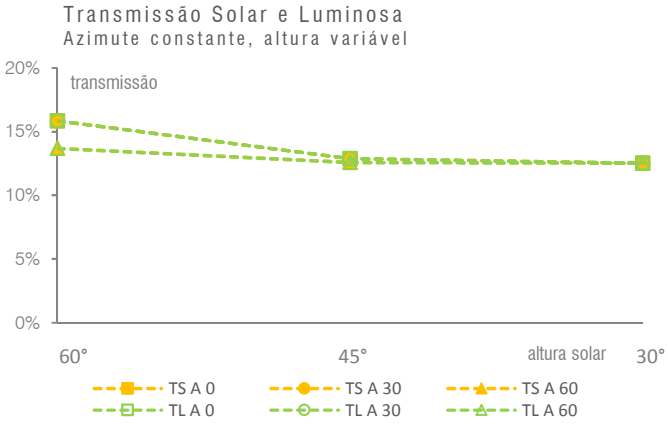
TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BRANCA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	14%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 4.8 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	15%	13%
60°	0°	16%	16%
60°	30°	16%	16%
60°	60°	14%	14%
45°	0°	13%	13%
45°	30°	13%	13%
45°	60°	13%	13%
30°	0°	13%	13%
30°	30°	13%	13%
30°	60°	13%	13%

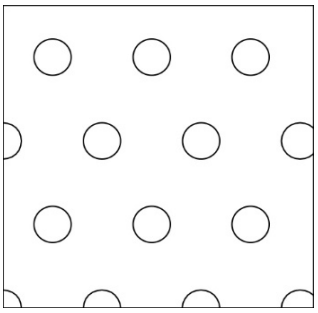


Para a amostra 104 somente alguns ângulos foram medidos, os demais foram considerados equivalentes à amostra 105, de mesma perfuração e também de cor branca.

A	H	TS	TL
0°	90°	15%	13%
0°	60°	16%	16%
0°	45°	13%	13%
0°	30°	13%	13%
30°	60°	16%	16%
30°	45°	13%	13%
30°	30°	13%	13%
60°	60°	14%	14%
60°	45°	13%	13%
60°	30°	13%	13%

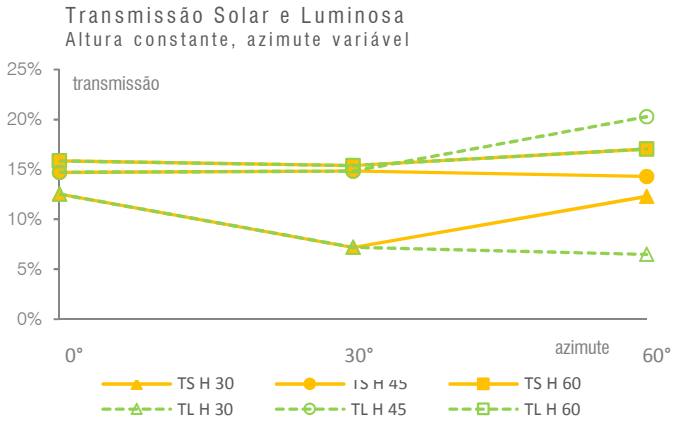


AMOSTRA 105



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BRANCA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	14%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 4.8 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	15%	13%
60°	0°	16%	16%
60°	30°	15%	15%
60°	60°	17%	17%
45°	0°	15%	15%
45°	30°	15%	15%
45°	60°	14%	20%
30°	0°	13%	13%
30°	30°	7%	7%
30°	60°	12%	6%

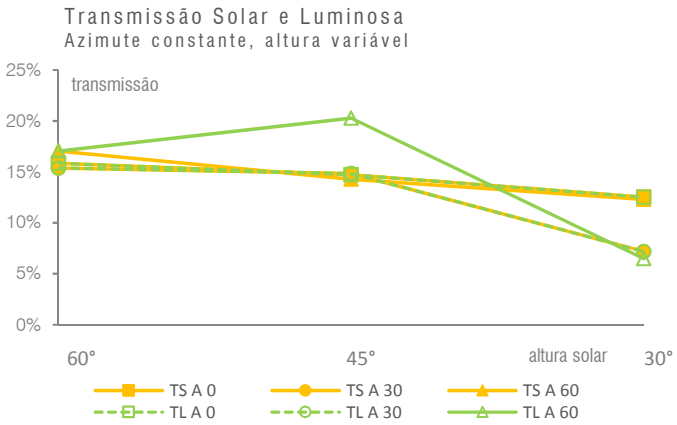


TS da amostra 105 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor ou igual a A0° e A60° para todas as alturas. A variação máxima da TS é 6% para H30° (igual a 43% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=16% (114% PP), H45°=15% (105% PP) e H30°=11% (76% PP), redução entre as médias de 5% (38% PP). Para TL tem-se um valor medido para cada altura: H60°=17% (121% PP), H45°=20% (143% PP) e H30°=6% (43% PP), redução de 11% (79% PP).

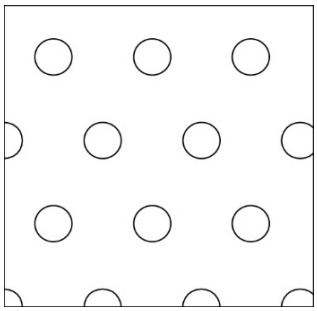
Para H90°, TS/TL=1.15. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=0.94, para H45°=0.73 e para H30°=1.78.

A	H	TS	TL
0°	90°	15%	13%
0°	60°	16%	16%
0°	45°	15%	15%
0°	30°	13%	13%
30°	60°	15%	15%
30°	45°	15%	15%
30°	30°	7%	7%
60°	60°	17%	17%
60°	45°	14%	20%
60°	30°	12%	6%



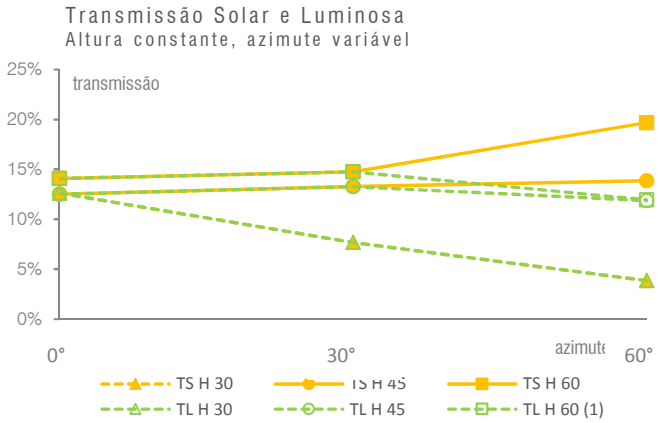
Para um determinado azimute, TS da amostra 105 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL aumenta e depois diminui conforme a altura solar é menor. As reduções máximas são: TS=8% para A30° (57% PP) e TL=4% para A60° (29% PP). O aumento máximo da TL é 3% (21% PP) para A60°.

AMOSTRA 106



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA CERÂMICA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	14%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 4.8 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	13%	10%
60°	0°	14%	14%
60°	30°	15%	15%
60°	60°	20%	12%
45°	0°	13%	13%
45°	30°	13%	13%
45°	60°	14%	12%
30°	0°	13%	13%
30°	30°	8%	8%
30°	60°	4%	4%

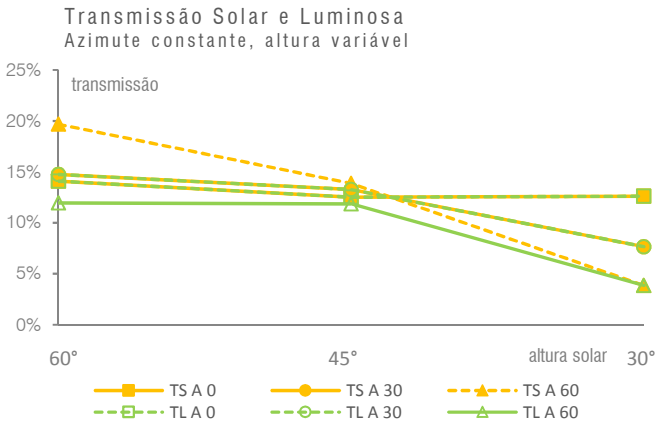


TS da amostra 106 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor ou igual a A0° e A60° para todas as alturas. A variação máxima da TS é 6% para H60° (igual a 43% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=16% (114% PP), H45°=13% (95% PP) e H30°=11% (76% PP), redução entre as médias de 6% (42% PP). Para TL tem-se um valor medido para cada altura: H60°=12% (86% PP), H45°=12% (86% PP) e H30°=4% (29% PP), redução de 8% (57% PP).

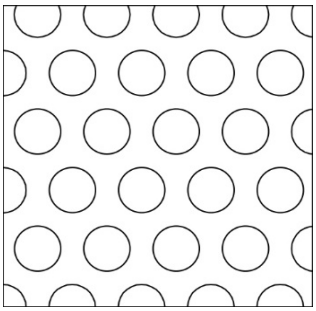
Para H90°, TS/TL=1.30. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=1.36, para H45°=1.11 e para H30°=2.63.

A	H	TS	TL
0°	90°	13%	10%
0°	60°	14%	14%
0°	45°	13%	13%
0°	30°	13%	13%
30°	60°	15%	15%
30°	45°	13%	13%
30°	30°	8%	8%
60°	60°	20%	12%
60°	45°	14%	12%
60°	30°	4%	4%



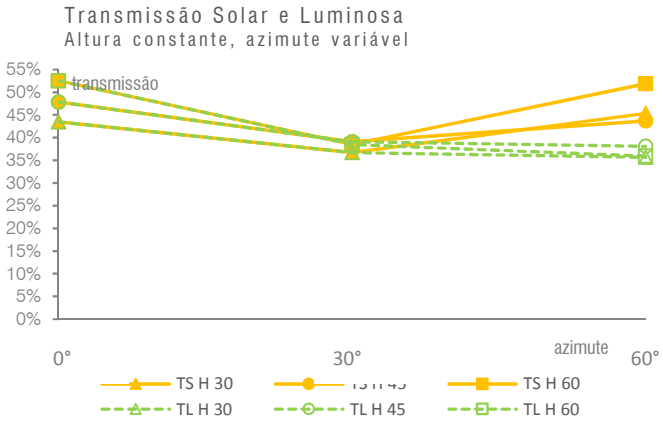
Para um determinado azimute, TS da amostra 106 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL mantem-se igual e depois diminui conforme a altura solar é menor. As reduções máximas são: TS=7% para A60° (50% PP) e TL=8% para A60° (57% PP).

AMOSTRA 107



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA CERÂMICA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	40%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 6.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	45%	36%
60°	0°	53%	53%
60°	30°	38%	38%
60°	60°	52%	36%
45°	0°	48%	48%
45°	30°	39%	39%
45°	60°	44%	38%
30°	0°	43%	43%
30°	30°	37%	37%
30°	60°	45%	36%

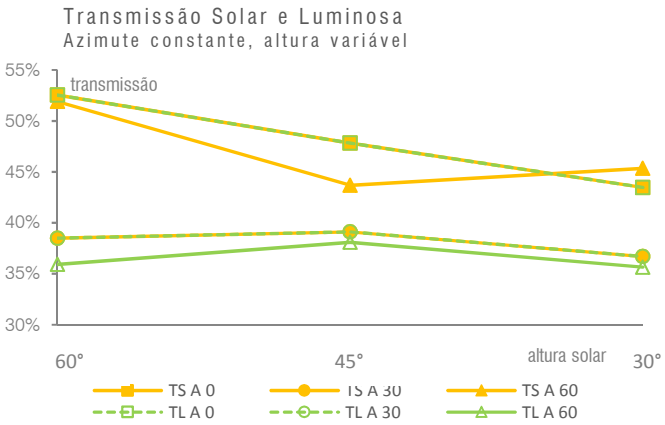


TS da amostra 107 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor que A0° e A60° para todas as alturas. A variação máxima da TS é 15% para H30° (igual a 38% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=48% (119% PP), H45°=44% (109% PP) e H30°=42% (104% PP), com redução entre as médias de 6% (15% PP). Para TL tem-se um valor medido para cada altura: H60°=36% (90% PP), H45°=38% (95% PP) e H30°=36% (90% PP).

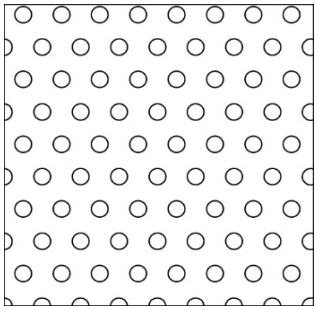
Para H90°, TS/TL=1.25. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=1.32, para H45°=1.15 e para H30°=1.16.

A	H	TS	TL
0°	90°	45%	36%
0°	60°	53%	53%
0°	45°	48%	48%
0°	30°	43%	43%
30°	60°	38%	38%
30°	45°	39%	39%
30°	30°	37%	37%
60°	60°	52%	36%
60°	45°	44%	38%
60°	30°	45%	36%



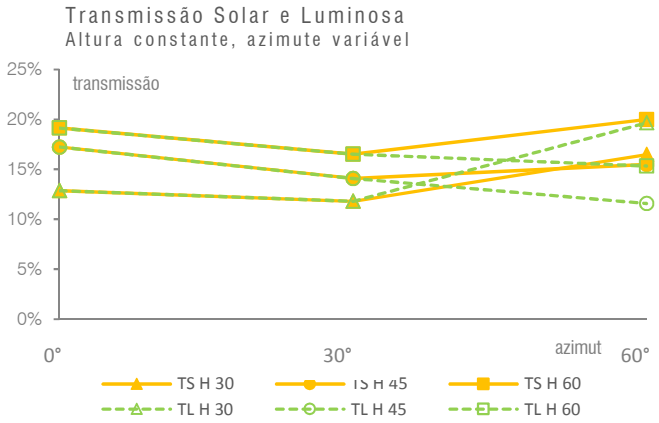
Para um determinado azimute, TS da amostra 107 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL também mantem semelhantes valores conforme a altura solar é menor. A redução máxima paraTS é 10% para A0° (25% PP).

AMOSTRA 108



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BRANCA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	18%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.2 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	30%	13%
60°	0°	19%	19%
60°	30°	17%	17%
60°	60°	20%	15%
45°	0°	17%	17%
45°	30°	14%	14%
45°	60°	16%	12%
30°	0°	13%	13%
30°	30°	12%	12%
30°	60°	16%	20%

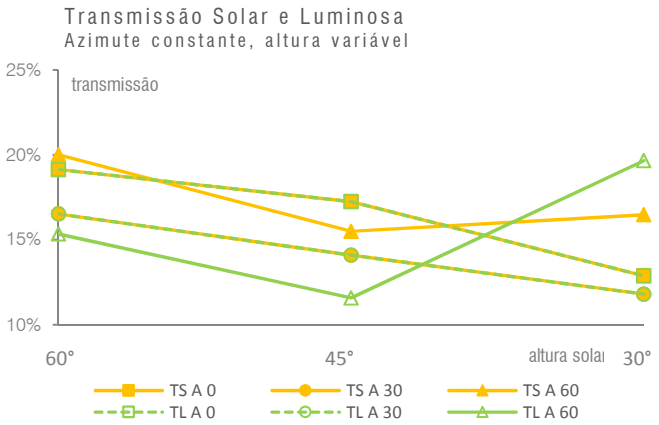


TS da amostra 108 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor que A0° e A60° para todas as alturas. A variação máxima da TS é 4% para H60° (igual a 22% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=19% (104% PP), H45°=16% (87% PP) e H30°=14% (76% PP), com redução entre as médias de 5% (28% PP). Para TL tem-se um valor medido para cada altura: H60°=15% (83% PP), H45°=12% (67% PP) e H30°=20% (111% PP), com aumento de 5% (28% PP).

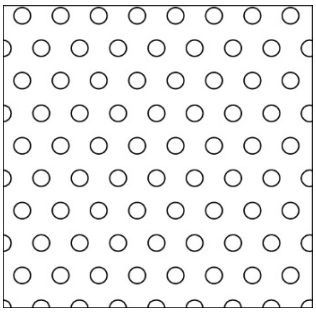
Para H90°, TS/TL=2.31. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=1.24, para H45°=1.31 e para H30°=0.68.

A	H	TS	TL
0°	90°	30%	13%
0°	60°	19%	19%
0°	45°	17%	17%
0°	30°	13%	13%
30°	60°	17%	17%
30°	45°	14%	14%
30°	30°	12%	12%
60°	60°	20%	15%
60°	45°	16%	12%
60°	30°	16%	20%



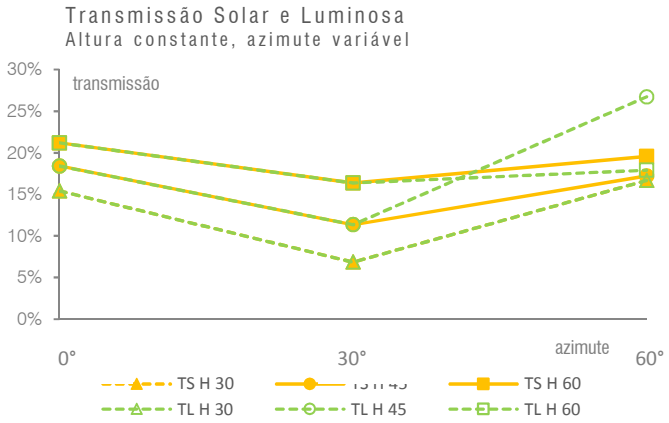
Para um determinado azimute, TS da amostra 108 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL diminui e depois aumenta conforme a altura solar é menor. As reduções máximas são: TS=6% para A0° (33% PP) e TL=3% para A60° (17% PP). O aumento máximo da TL é 8% para A60° (44% PP).

AMOSTRA 109



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA CERÂMICA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	18%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.2 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	19%	16%
60°	0°	21%	21%
60°	30°	16%	16%
60°	60°	20%	18%
45°	0°	18%	18%
45°	30°	11%	11%
45°	60°	17%	27%
30°	0°	15%	15%
30°	30°	7%	7%
30°	60°	17%	17%

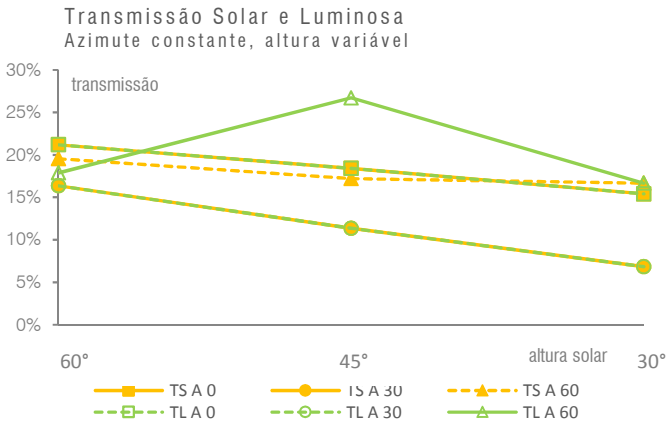


TS da amostra 109 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor que A0° e A60° para todas as alturas. A variação máxima da TS é 13% para H30° (igual a 72% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=21% (114% PP), H45°=18% (97% PP) e H30°=14% (78% PP), com redução entre as médias de 7% (36% PP). Para TL tem-se um valor medido para cada altura: H60°=18% (100% PP), H45°=27% (150% PP) e H30°=17% (94% PP), com redução de 1% (6% PP).

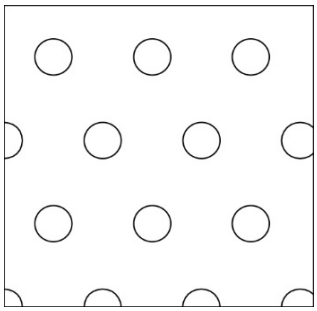
Para H90°, TS/TL=1.19. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=1.14, para H45°=0.65 e para H30°=0.82.

A	H	TS	TL
0°	90°	19%	16%
0°	60°	21%	21%
0°	45°	18%	18%
0°	30°	15%	15%
30°	60°	16%	16%
30°	45°	11%	11%
30°	30°	7%	7%
60°	60°	20%	18%
60°	45°	17%	27%
60°	30°	17%	17%



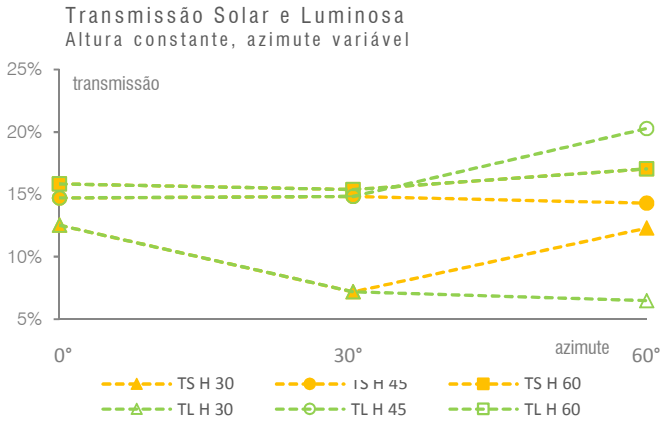
Para um determinado azimute, TS da amostra 109 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL aumenta e depois diminui conforme a altura solar é menor. As reduções máximas são: TS=7% para A30° (39% PP) e TL=10% para A60° (56% PP). O aumento máximo da TL é 10% (56% PP).

AMOSTRA 110



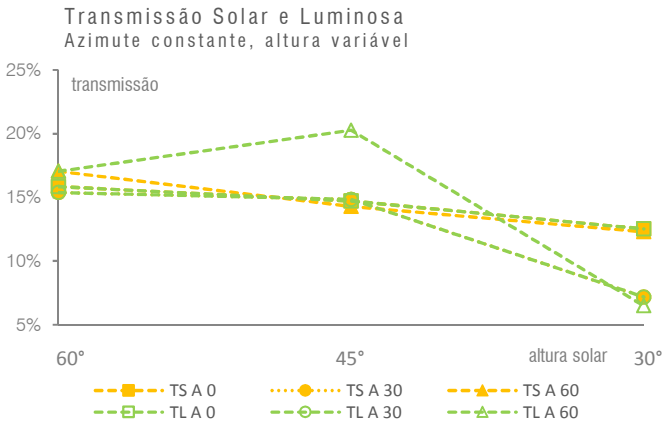
TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BEGE
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	14%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 4.8 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	14%	15%
60°	0°	16%	16%
60°	30°	15%	15%
60°	60°	17%	17%
45°	0°	15%	15%
45°	30°	15%	15%
45°	60°	14%	20%
30°	0°	13%	13%
30°	30°	7%	7%
30°	60°	12%	6%



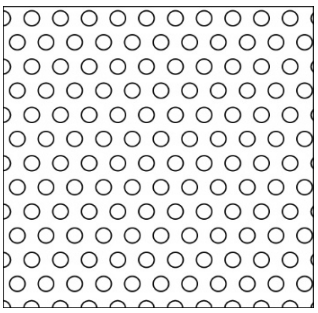
Para a amostra 110 somente alguns ângulos foram medidos, os demais foram considerados equivalentes à amostra 105, de mesma perfuração e também de cor clara.

A	H	TS	TL
0°	90°	14%	15%
0°	60°	16%	16%
0°	45°	15%	15%
0°	30°	13%	13%
30°	60°	15%	15%
30°	45°	15%	15%
30°	30°	7%	7%
60°	60°	17%	17%
60°	45°	14%	20%
60°	30°	12%	6%



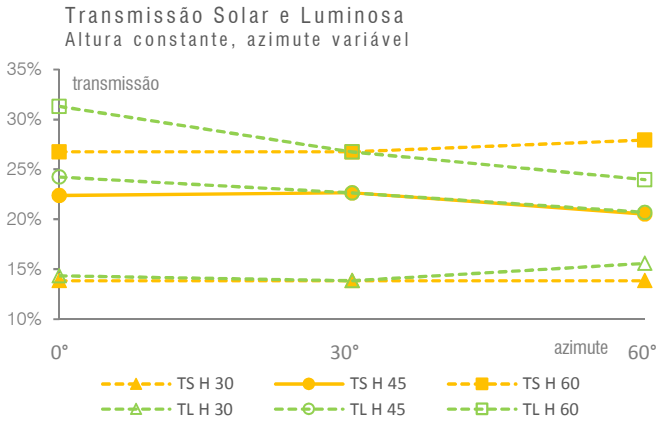
Para esta amostra somente alguns angulos foram medidos, os demais ângulos foram considerados equivalentes a outras amostras medidas.

AMOSTRA 111



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA AZUL ESCURO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	23%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 2.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	26%	20%
60°	0°	27%	31%
60°	30°	27%	27%
60°	60°	28%	24%
45°	0°	22%	24%
45°	30°	23%	23%
45°	60°	21%	21%
30°	0°	14%	14%
30°	30°	14%	14%
30°	60°	14%	16%

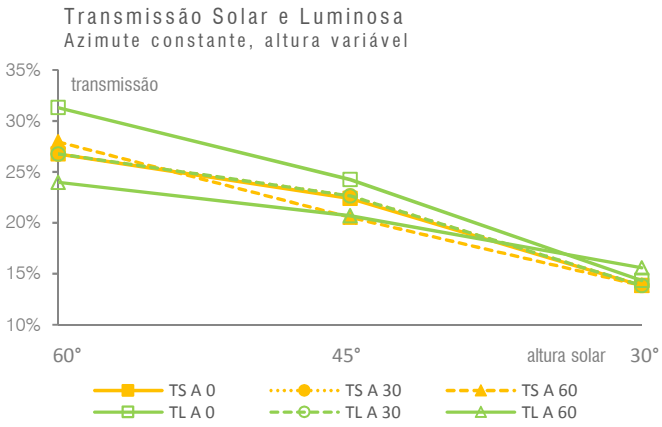


TS e TL da amostra 111 é constante independente do azimute, exceto para TL H60°, que é decrescente. A variação máxima da TS é 2% para H45° (igual a 9% da PP) e da TL é 7% para H60° (30% PP), resultando em três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=28% (120% PP), H45°=22% (96% PP) e H30°=14% (61% PP), com redução entre as médias de 14% (59% PP). As TL médias são: H60°=28% (120% PP), H45°=23% (98% PP) e H30°=15% (65% PP), com redução entre as médias de 13% (54% PP).

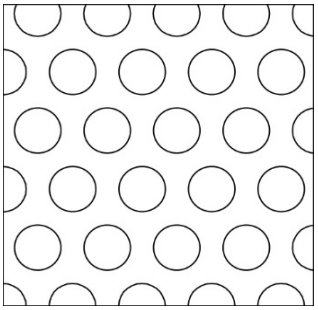
Para H90°, TS/TL=1.30. TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.00, para H45°=0.98 e para H30°=0.93.

A	H	TS	TL
0°	90°	26%	20%
0°	60°	27%	31%
0°	45°	22%	24%
0°	30°	14%	14%
30°	60°	27%	27%
30°	45°	23%	23%
30°	30°	14%	14%
60°	60°	28%	24%
60°	45°	21%	21%
60°	30°	14%	16%



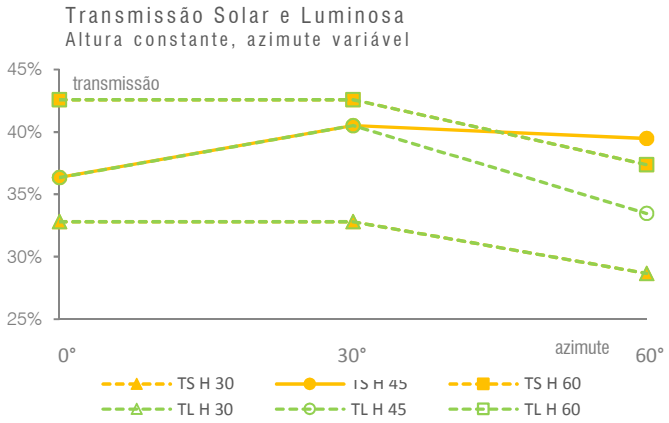
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 111 decrescem conforme a altura solar diminui. As reduções máximas são: TS=13% para A0° (57% PP) e TL=17% para A0° (74% PP).

AMOSTRA 112



TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA AZUL ESCURO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	40%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 6.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	43%	42%
60°	0°	43%	43%
60°	30°	43%	43%
60°	60°	37%	37%
45°	0°	36%	36%
45°	30°	41%	41%
45°	60°	39%	33%
30°	0°	33%	33%
30°	30°	33%	33%
30°	60°	29%	29%

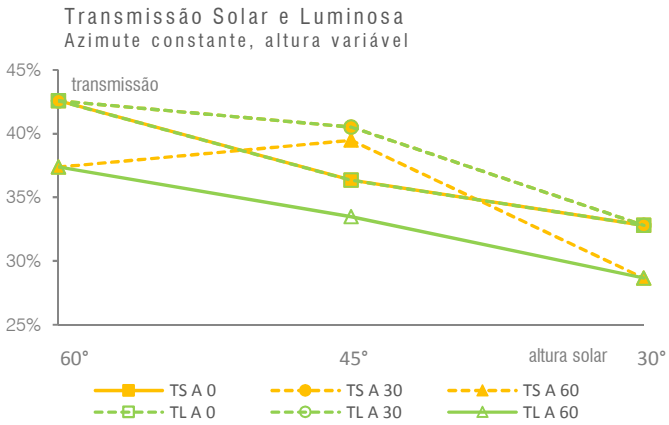


TS da amostra 112 é constante independente do azimute. A variação máxima da TS é 5% para H45° (igual a 13% da PP).

Assim, para os valores medidos, as TS são: H60°=40% (100% PP), H45°=39% (97% PP) e H30°=33% (83% PP), redução entre as médias de 7% (18% PP). As TL são: H60°=37% (93% PP), H45°=33% (83% PP) e H30°=29% (73% PP), redução de 8% (20% PP).

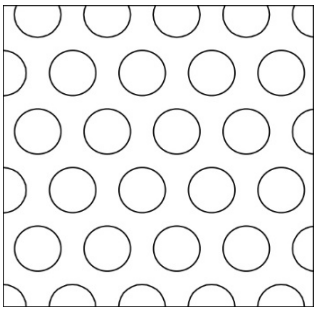
Para H90°, TS/TL=1. TS/TL, para os valores medidos, varia conforme a altura solar: TS/TL médio para H60°=1.08, para H45°=1.17 e para H30°=1.14.

A	H	TS	TL
0°	90°	43%	42%
0°	60°	43%	43%
0°	45°	36%	36%
0°	30°	33%	33%
30°	60°	43%	43%
30°	45°	41%	41%
30°	30°	33%	33%
60°	60°	37%	37%
60°	45°	39%	33%
60°	30°	29%	29%



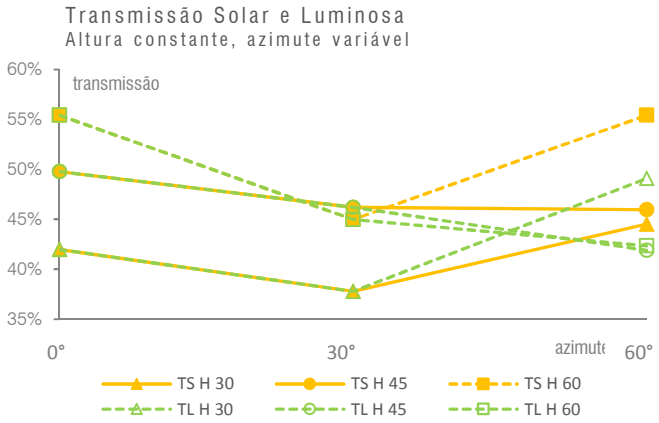
Para um determinado azimute, TS e TL da amostra 112 decrescem conforme a altura solar diminui, para os ângulos medidos. As reduções máximas são: TS=7% para A0° (18% PP) e TL=8% para A60° (25% PP).

AMOSTRA 113



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA BRANCA
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	40%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 6.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	41%	41%
60°	0°	55%	55%
60°	30°	45%	45%
60°	60°	55%	42%
45°	0°	50%	50%
45°	30°	46%	46%
45°	60°	46%	42%
30°	0°	42%	42%
30°	30°	38%	38%
30°	60°	45%	49%

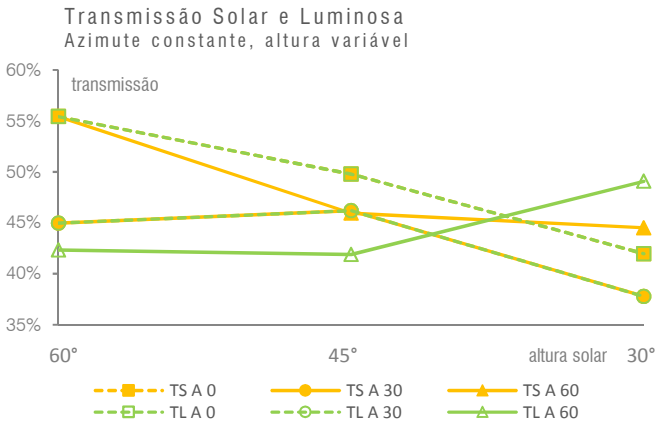


TS da amostra 113 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor que A0° e A60° para todas as alturas. A variação máxima da TS é 10% para H30° (igual a 25% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=50% (125% PP), H45°=47% (118% PP) e H30°=42% (104% PP), redução entre as médias de 8% (21% PP). Para TL tem-se um valor para cada altura: H60°=42% (105% PP), H45°=42% (105% PP) e H30°=49% (123% PP), aumento de 7% (18% PP).

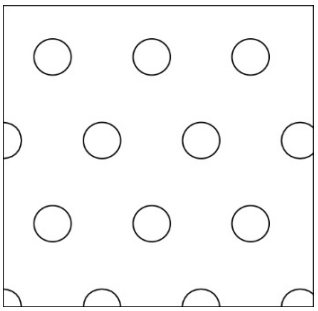
TS/TL, para os valores medidos, diminui conforme a altura solar é menor: TS/TL médio para H60°=1.19, para H45°=1.13 e para H30°=0.85.

A	H	TS	TL
0°	90°	41%	41%
0°	60°	55%	55%
0°	45°	50%	50%
0°	30°	42%	42%
30°	60°	45%	45%
30°	45°	46%	46%
30°	30°	38%	38%
60°	60°	55%	42%
60°	45°	46%	42%
60°	30°	45%	49%



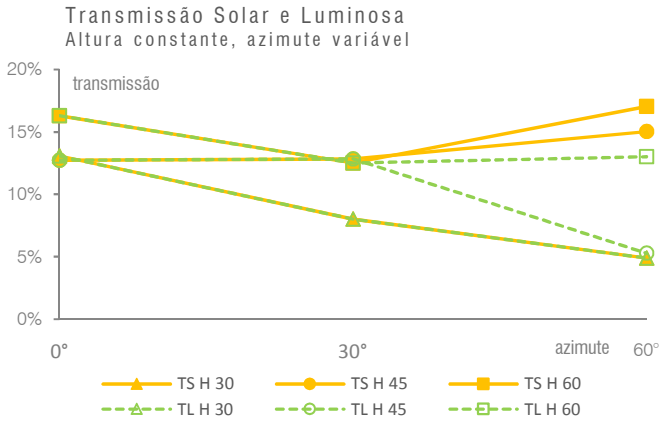
Para um determinado azimute, TS da amostra 113 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL mantem-se igual e depois aumenta conforme a altura solar é menor. A redução máxima da TS é 10% para A60° (25% PP) e o aumento máximo da TL é 7% para A60° (18% PP).

AMOSTRA 114



TIPO	TELHA PERFURADA
ACABAMENTO	PINTURA AZUL ESCURO
FORMATO DO FURO	REDONDO
PERFURAÇÃO	14%
DIMENSÃO DO FURO	Ø 4.8 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

H	A	TS	TL
90°	0°	13%	13%
60°	0°	16%	16%
60°	30°	13%	13%
60°	60°	17%	13%
45°	0°	13%	13%
45°	30°	13%	13%
45°	60°	15%	5%
30°	0°	13%	13%
30°	30°	8%	8%
30°	60°	5%	5%

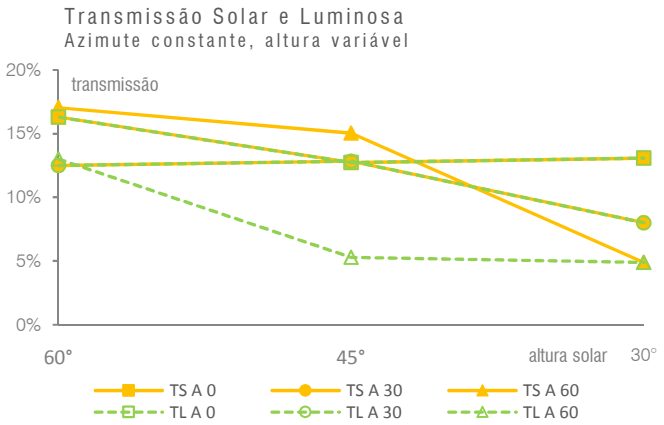


TS da amostra 114 varia conforme o azimute, sendo o valor de A30° menor ou igual a A0° e A60° para todas as alturas, exceto para TS H30°. A variação máxima da TS é 8% para H30° (igual a 57% da PP). Tem-se três faixas de transmissão.

Assim, as TS médias são: H60°=15% (110% PP), H45°=14% (98% PP) e H30°=9% (62% PP), com redução entre as médias de 7% (48% PP). Para TL tem-se um valor medido para H60° e H45°: H60°=13% (93% PP), H45°=5% (36% PP), com redução de 8% (57% PP).

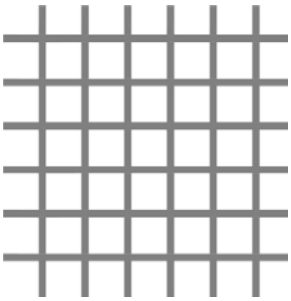
Para os valores medidos, TS/TL médio para H60°=1.18 e para H45°=2.73.

A	H	TS	TL
0°	90°	13%	13%
0°	60°	16%	16%
0°	45°	13%	13%
0°	30°	13%	13%
30°	60°	13%	13%
30°	45°	13%	13%
30°	30°	8%	8%
60°	60°	17%	13%
60°	45°	15%	5%
60°	30°	5%	5%

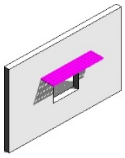


Para um determinado azimute, TS da amostra 114 decresce ou se mantem praticamente igual conforme a altura solar diminui. Dentre os ângulos medidos, TL diminui conforme a altura solar é menor. As reduções máximas são: TS=12% para A60° (86% PP) e TL=8% para A60° (57% PP).

AMOSTRA 01

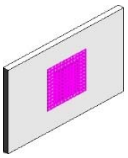


TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	QUADRADO
PERFURAÇAO	44%
DIMENSAO DO FURO	4.0 x 4.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm

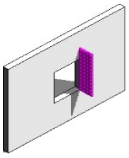


3D

H	A	TS	TL
90°	0°	46%	47%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	35%	39%
30°	30°	35%	39%
30°	60°	35%	40%

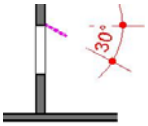


H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	39%
60°	60°	35%	40%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

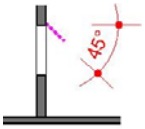


H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	-	-
60°	30°	35%	43%
60°	60°	35%	48%
45°	0°	-	-
45°	30°	39%	42%
45°	60°	40%	40%
30°	0°	-	-
30°	30°	47%	48%
30°	60°	49%	43%

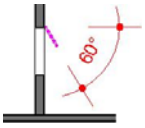
Corte



H	A	TS	TL
90°	0°	47%	36%
60°	0°	46%	47%
60°	30°	-	-
60°	60°	-	-
45°	0°	47%	36%
45°	30°	49%	43%
45°	60°	47%	48%
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

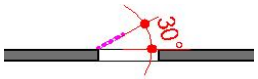


H	A	TS	TL
90°	0°	39%	39%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	46%	47%
45°	30°	-	-
45°	60°	-	-
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

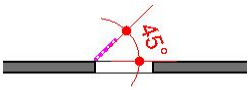


H	A	TS	TL
90°	0°	35%	39%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	47%	36%
45°	30°	49%	43%
45°	60°	47%	48%
30°	0°	46%	47%
30°	30°	-	-
30°	60°	-	-

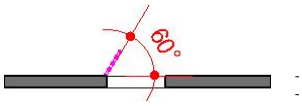
Planta



H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	40%
60°	60°	-	-
45°	0°	40%	40%
45°	30°	39%	42%
45°	60°	-	-
30°	0°	49%	43%
30°	30°	47%	48%
30°	60°	-	-

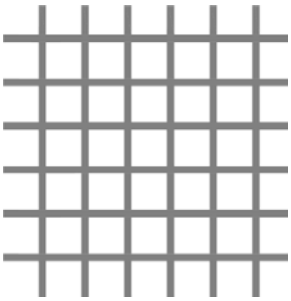


H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	40%
60°	60°	35%	40%
45°	0°	40%	40%
45°	30°	39%	42%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	49%	43%
30°	30°	47%	48%
30°	60°	47%	48%

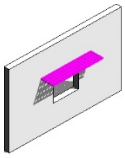


H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	40%
60°	30°	-	-
60°	60°	35%	40%
45°	0°	39%	42%
45°	30°	-	-
45°	60°	-39%	42%
30°	0°	47%	48%
30°	30°	-	-
30°	60°	47%	48%

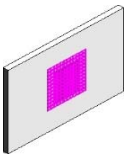
AMOSTRA 01

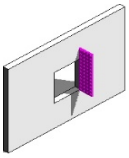


TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	QUADRADO
PERFURAÇAO	44%
DIMENSAO DO FURO	4.0 x 4.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm



3D



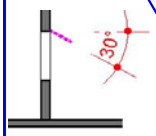


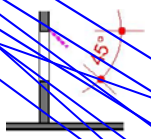
H	A	TS	TL
90°	0°	46%	47%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	35%	39%
30°	30°	35%	39%
30°	60°	35%	40%

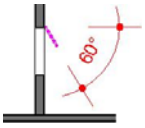
H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	39%
60°	60°	35%	40%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	-	-
60°	30°	35%	43%
60°	60°	35%	48%
45°	0°	-	-
45°	30°	39%	42%
45°	60°	40%	40%
30°	0°	-	-
30°	30°	47%	48%
30°	60°	49%	43%

Corte





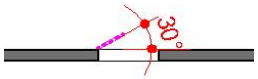


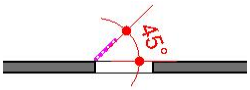
H	A	TS	TL
90°	0°	47%	36%
60°	0°	46%	47%
60°	30°	-	-
60°	60°	-	-
45°	0°	47%	36%
45°	30°	49%	43%
45°	60°	47%	48%
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

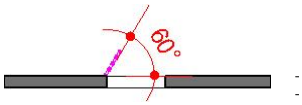
H	A	TS	TL
90°	0°	39%	39%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	46%	47%
45°	30°	-	-
45°	60°	-	-
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

H	A	TS	TL
90°	0°	35%	39%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	47%	36%
45°	30°	49%	43%
45°	60°	47%	48%
30°	0°	46%	47%
30°	30°	-	-
30°	60°	-	-

Planta





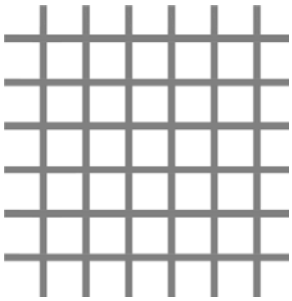


H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	40%
60°	60°	-	-
45°	0°	40%	40%
45°	30°	39%	42%
45°	60°	-	-
30°	0°	49%	43%
30°	30°	47%	48%
30°	60°	-	-

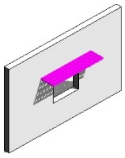
H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	40%
60°	60°	35%	40%
45°	0°	40%	40%
45°	30°	39%	42%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	49%	43%
30°	30°	47%	48%
30°	60°	47%	48%

H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	40%
60°	30°	-	-
60°	60°	35%	40%
45°	0°	39%	42%
45°	30°	-	-
45°	60°	-39%	42%
30°	0°	47%	48%
30°	30°	-	-
30°	60°	47%	48%

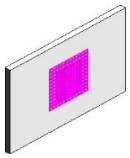
AMOSTRA 01

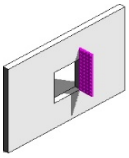


TIPO	CHAPA PERFURADA
ACABAMENTO	SEM ACABAMENTO
FORMATO DO FURO	QUADRADO
PERFURAÇAO	44%
DIMENSAO DO FURO	4.0 x 4.0 mm
ESPESSURA CHAPA	1.0 mm



3D



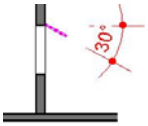


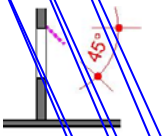
H	A	TS	TL
90°	0°	46%	47%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	35%	39%
30°	30°	35%	39%
30°	60°	35%	40%

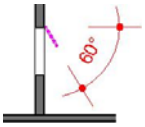
H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	39%
60°	60°	35%	40%
45°	0°	39%	39%
45°	30°	40%	40%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	-	-
60°	30°	35%	43%
60°	60°	35%	48%
45°	0°	-	-
45°	30°	39%	42%
45°	60°	40%	40%
30°	0°	-	-
30°	30°	47%	48%
30°	60°	49%	43%

Corte





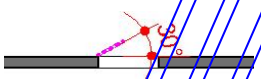


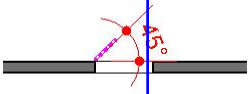
H	A	TS	TL
90°	0°	47%	36%
60°	0°	46%	47%
60°	30°	-	-
60°	60°	-	-
45°	0°	47%	36%
45°	30°	49%	43%
45°	60°	47%	48%
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

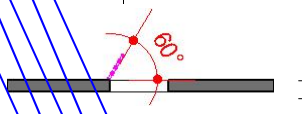
H	A	TS	TL
90°	0°	39%	39%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	46%	47%
45°	30°	-	-
45°	60°	-	-
30°	0°	47%	36%
30°	30°	49%	43%
30°	60°	47%	48%

H	A	TS	TL
90°	0°	35%	39%
60°	0°	47%	36%
60°	30°	49%	43%
60°	60°	47%	48%
45°	0°	47%	36%
45°	30°	49%	43%
45°	60°	47%	48%
30°	0°	46%	47%
30°	30°	-	-
30°	60°	-	-

Planta







H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	40%
60°	60°	-	-
45°	0°	40%	40%
45°	30°	39%	42%
45°	60°	-	-
30°	0°	49%	43%
30°	30°	47%	48%
30°	60°	-	-

H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	39%
60°	30°	35%	40%
60°	60°	35%	40%
45°	0°	40%	40%
45°	30°	39%	42%
45°	60°	39%	42%
30°	0°	49%	43%
30°	30°	47%	48%
30°	60°	47%	48%

H	A	TS	TL
90°	0°	-	-
60°	0°	35%	40%
60°	30°	-	-
60°	60°	35%	40%
45°	0°	39%	42%
45°	30°	-	-
45°	60°	-39%	42%
30°	0°	47%	48%
30°	30°	-	-
30°	60°	47%	48%

TRANSMITÂNCIA SOLAR

Amostra / ângulo	TS	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 01 H 30 A 0	34.69%	0.000230	120	10/11/2013	14:05:01	14:07:00	509.33	31.16	28
Am 01 H 30 A 30	35.04%	0.000458	120	10/11/2013	13:46:01	13:48:00	512.35	31.47	29
Am 01 H 30 A 60	34.78%	0.000620	120	10/11/2013	13:55:01	13:57:00	510.53	31.21	29
Am 01 H 45 A 0	38.77%	0.000156	120	10/11/2013	14:11:01	14:13:00	704.13	31.47	30
Am 01 H 45 A 30	39.81%	0.000320	120	15/12/2013	11:59:01	12:01:00	765.24	30.72	30
Am 01 H 45 A 60	39.48%	0.000241	120	15/12/2013	09:24:01	09:26:00	728.37	26.62	43
Am 01 P	46.10%	0.000138	120	10/11/2013	11:19:01	11:21:00	1034.52	29.19	37
Am 01 R1 H 60 A 0	46.61%	0.000221	120	10/11/2013	11:10:01	11:12:00	893.06	28.64	37
Am 01 R1 H 60 A 30	48.58%	0.000133	120	10/11/2013	10:55:01	10:57:00	896.11	28.51	36
Am 01 R1 H 60 A 60	46.58%	0.000120	120	10/11/2013	11:03:01	11:05:00	882.55	28.58	37
Am 03 H 30 A 0	11.62%	0.000325	120	14/12/2013	10:49:01	10:51:00	580.29	28.87	36
Am 03 H 30 A 30	3.66%	0.000169	60	17/12/2013	16:17:01	16:18:00	454.89	24.36	46
Am 03 H 30 A 45	3.86%	0.000134	120	17/12/2013	16:19:01	16:21:00	454.44	24.35	46
Am 03 H 30 A 60	5.33%	0.000241	120	14/12/2013	15:48:01	15:50:00	532.62	27.08	58
Am 03 H 45 A 0	15.29%	0.000178	120	14/12/2013	10:53:01	10:55:00	613.65	28.96	35
Am 03 H 45 A 30	15.45%	0.000199	120	14/12/2013	11:15:01	11:17:00	769.85	29.37	37
Am 03 H 45 A 60	11.66%	0.000222	120	15/12/2013	09:28:01	09:30:00	748.36	26.95	42
Am 03 H 60 A 0	19.25%	0.000333	120	14/12/2013	10:59:01	11:01:00	948.39	29.00	37
Am 03 H 60 A 30	20.02%	0.001863	120	15/12/2013	13:41:01	13:43:00	897.37	30.77	34
Am 03 H 60 A 60	23.46%	0.000982	120	17/12/2013	12:33:01	12:35:00	936.16	25.38	41
Am 03 P	24.05%	0.000811	120	14/12/2013	11:04:01	11:06:00	947.03	29.31	35
Am 04 H 30 A 0	11.47%	0.000293	120	10/11/2013	12:53:01	12:55:00	582.16	30.27	32
Am 04 H 30 A 30	7.19%	0.000242	120	10/11/2013	13:37:01	13:39:00	528.13	30.68	31
Am 04 H 30 A 60	10.12%	0.000120	120	10/11/2013	13:27:01	13:29:00	524.48	31.33	31
Am 04 H 45 A 0	15.88%	0.000245	120	10/11/2013	12:46:01	12:48:00	768.49	30.79	33
Am 04 H 45 A 30	14.07%	0.000159	120	15/12/2013	12:03:01	12:05:00	772.24	30.78	28
Am 04 H 45 A 60	13.34%	0.000195	120	15/12/2013	09:35:01	09:37:00	735.16	27.12	44
Am 04 H 60 A 0	21.48%	0.000274	120	10/11/2013	12:39:01	12:41:00	898.89	30.07	34
Am 04 H 60 A 30	22.61%	0.000252	120	10/11/2013	13:07:01	13:09:00	868.13	30.51	32
Am 04 H 60 A 60	22.11%	0.000345	120	10/11/2013	13:15:01	13:17:00	869.30	30.66	33
Am 04 P	26.17%	0.000066	120	10/11/2013	12:33:01	12:35:00	1029.04	30.71	33
Am 05 H 30 A 0	25.35%	0.000110	120	14/12/2013	11:34:01	11:36:00	362.96	28.60	35
Am 05 H 30 A 30	19.47%	0.000053	120	15/12/2013	15:01:01	15:03:00	501.93	29.89	46
Am 05 H 30 A 60	24.71%	0.001173	120	14/12/2013	15:41:01	15:43:00	539.74	27.00	57
Am 05 H 30 A 60	32.22%	0.000949	120	17/12/2013	09:39:01	09:41:00	609.92	24.01	45
Am 05 H 45 A 0	28.68%	0.000251	120	14/12/2013	12:07:01	12:09:00	708.01	30.13	30
Am 05 H 45 A 30	30.19%	0.000480	120	14/12/2013	11:20:01	11:22:00	676.50	29.53	36
Am 05 H 45 A 60	26.88%	0.000511	120	15/12/2013	09:39:01	09:41:00	739.78	27.32	43
Am 05 H 60 A 0	33.68%	0.000268	120	14/12/2013	12:11:01	12:13:00	930.03	30.26	28
Am 05 H 60 A 30	35.70%	0.000322	120	14/12/2013	11:26:01	11:28:00	856.53	29.25	34
Am 05 H 60 A 60	43.12%	0.000346	120	17/12/2013	12:36:01	12:38:00	1117.48	25.76	41
Am 05 LP H 30 A 60	27.68%	0.000954	120	17/12/2013	09:45:01	09:47:00	754.04	24.65	43
Am 05 LP H 45 A 60	24.52%	0.000048	120	15/12/2013	11:13:01	11:15:00	788.30	29.88	32
Am 05 LP H 60 A 60	38.34%	0.001656	120	17/12/2013	12:40:01	12:42:00	896.86	26.14	40
Am 05 LP P	29.09%	0.000118	120	14/12/2013	15:05:01	15:07:00	1098.93	26.48	59
Am 05 P	32.58%	0.000595	120	14/12/2013	12:14:01	12:16:00	837.42	30.10	29
Am 06 H 30 A 0	3.18%	0.000507	120	10/11/2013	09:38:01	09:40:00	521.02	25.94	45
Am 06 H 30 A 30	2.89%	0.000125	120	10/11/2013	09:46:01	09:48:00	542.55	26.10	47
Am 06 H 30 A 60	19.23%	0.000187	120	10/11/2013	09:56:01	09:58:00	549.09	26.57	47
Am 06 H 45 A 30	17.93%	0.000149	120	15/12/2013	12:11:01	12:13:00	775.23	30.85	28
Am 06 H 45 A 60	30.92%	0.000101	120	15/12/2013	09:54:01	09:56:00	750.03	27.87	39

TRANSMITÂNCIA SOLAR

Amostra / ângulo	TS	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 06 H 60 A 0	31.31%	0.000029	120	10/11/2013	10:21:01	10:23:00	882.85	27.89	39
Am 06 H 60 A 30	34.17%	0.000212	120	10/11/2013	10:15:01	10:17:00	884.57	27.68	41
Am 06 H 60 A 60	42.51%	0.000363	120	10/11/2013	10:07:01	10:09:00	872.32	27.37	43
Am 06 LC H 30 A 0	47.91%	0.000812	120	17/12/2013	14:03:01	14:05:00	610.89	25.86	42
Am 06 LC H 30 A 60	59.29%	0.001200	120	17/12/2013	10:22:01	10:24:00	662.19	24.23	45
Am 06 LC H 45 A 0	66.46%	0.000108	120	17/12/2013	13:55:01	13:57:00	804.52	25.62	44
Am 06 LC H 60 A 0	70.42%	0.000156	120	17/12/2013	13:58:01	14:00:00	970.34	25.99	43
Am 06 LC P	60.16%	0.000400	120	17/12/2013	15:50:01	15:52:00	1021.11	24.85	45
Am 06 LD H 30 A 0	45.54%	0.000717	120	17/12/2013	13:29:01	13:31:00	587.43	26.47	40
Am 06 LD H 30 A 60	55.74%	0.001774	120	17/12/2013	10:14:01	10:16:00	615.61	23.46	47
Am 06 LD H 45 A 0	54.17%	0.000273	120	17/12/2013	13:51:01	13:53:00	773.48	25.57	44
Am 06 LD H 45 A 30	60.80%	0.000080	120	15/12/2013	12:19:01	12:21:00	824.43	30.72	28
Am 06 LD H 45 A 60	67.64%	0.000390	120	15/12/2013	11:27:01	11:29:00	796.99	29.66	31
Am 06 LD H 60 A 0	58.20%	0.002786	120	17/12/2013	13:46:01	13:48:00	883.45	25.94	44
Am 06 LD P	48.51%	0.000292	120	14/12/2013	14:57:01	14:59:00	464.14	26.33	59
Am 06 LD P	61.66%	0.001388	120	17/12/2013	15:45:01	15:47:00	726.28	24.99	45
Am 06 LE H 30 A 0	31.31%	0.001779	120	14/12/2013	14:49:01	14:51:00	322.82	26.49	59
Am 06 LE H 30 A 0	41.17%	0.000277	120	17/12/2013	13:33:01	13:35:00	581.90	26.05	42
Am 06 LE H 30 A 60	11.76%	0.001511	120	17/12/2013	10:18:01	10:20:00	525.23	23.89	45
Am 06 LE H 45 A 0	40.64%	0.001034	120	14/12/2013	14:45:01	14:47:00	462.25	26.84	58
Am 06 LE H 45 A 0	50.72%	0.002829	120	17/12/2013	13:37:01	13:39:00	750.47	25.96	43
Am 06 LE H 45 A 30	28.81%	0.000146	120	15/12/2013	12:14:01	12:16:00	787.85	31.12	28
Am 06 LE H 60 A 0	55.28%	0.000142	120	17/12/2013	13:41:01	13:43:00	1027.47	25.67	43
Am 06 LE H 60 A 30	39.93%	0.001590	120	14/12/2013	14:37:01	14:39:00	736.49	27.05	57
Am 06 LE P	63.79%	0.001633	120	17/12/2013	15:39:01	15:41:00	994.18	25.08	46
Am 06 P	52.91%	0.000230	120	10/11/2013	09:31:01	09:33:00	1019.28	25.95	47
Am 07 Ext	31.18%	0.000084	120	02/11/2013	17:25:01	17:27:00	491.08	23.45	65
Am 07 H	7.28%	0.000472	120	02/11/2013	17:14:01	17:16:00	186.71	23.81	63
Am 07 H 15 A 0	12.05%	0.002648	60	09/11/2013	15:33:01	15:34:00	309.39	26.52	54
Am 07 H 15 A 15	12.48%	0.000170	120	03/11/2013	14:27:01	14:29:00	315.40	31.80	28
Am 07 H 15 A 30	14.03%	0.000532	120	03/11/2013	14:47:01	14:49:00	127.88	30.91	29
Am 07 H 15 A 45	14.25%	0.000165	120	09/11/2013	16:00:01	16:02:00	339.97	26.75	58
Am 07 H 15 A 60	12.77%	0.000938	120	09/11/2013	15:51:01	15:53:00	273.97	26.43	57
Am 07 H 15 A 75	16.26%	0.002379	60	09/11/2013	15:43:01	15:44:00	359.88	27.24	52
Am 07 H 30 A 0	21.77%	0.001263	120	03/11/2013	13:08:01	13:10:00	538.02	30.55	31
Am 07 H 30 A 0	19.78%	0.000041	120	14/12/2013	10:18:01	10:20:00	554.76	27.27	47
Am 07 H 30 A 15	21.19%	0.000089	120	03/11/2013	13:18:01	13:20:00	530.85	30.44	31
Am 07 H 30 A 30	19.67%	0.002995	120	02/11/2013	16:40:01	16:42:00	252.21	26.07	55
Am 07 H 30 A 30	21.10%	0.000111	120	03/11/2013	14:36:01	14:38:00	529.62	31.66	28
Am 07 H 30 A 30	17.39%	0.000084	120	15/12/2013	15:04:01	15:06:00	502.39	29.59	47
Am 07 H 30 A 45	22.36%	0.000091	120	03/11/2013	13:57:01	13:59:00	555.58	30.58	31
Am 07 H 30 A 45	21.58%	0.000125	120	09/11/2013	14:00:01	14:02:00	647.25	28.44	34
Am 07 H 30 A 60	17.60%	0.000099	120	02/11/2013	16:59:01	17:01:00	343.03	25.01	59
Am 07 H 30 A 60	20.95%	0.000432	120	09/11/2013	14:16:01	14:18:00	574.92	28.28	35
Am 07 H 30 A 60	20.65%	0.000352	120	14/12/2013	15:51:01	15:53:00	526.85	27.34	55
Am 07 H 30 A 60	27.44%	0.000215	120	17/12/2013	09:48:01	09:50:00	698.12	24.76	45
Am 07 H 30 A 75	23.01%	0.000212	120	09/11/2013	14:30:01	14:32:00	599.67	28.90	34
Am 07 H 45 A 0	27.09%	0.000147	120	03/11/2013	12:58:01	13:00:00	667.36	30.19	32
Am 07 H 45 A 0	26.07%	0.000191	120	14/12/2013	10:14:01	10:16:00	767.72	27.31	48
Am 07 H 45 A 15	28.26%	0.000030	120	03/11/2013	14:09:01	14:11:00	714.62	31.45	28
Am 07 H 45 A 30	28.55%	0.000228	120	03/11/2013	13:26:01	13:28:00	704.22	30.32	31

TRANSMITÂNCIA SOLAR

Amostra / ângulo	TS	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 07 H 45 A 30	27.75%	0.000723	120	14/12/2013	10:31:01	10:33:00	656.49	27.53	42
Am 07 H 45 A 45	30.66%	0.000158	120	03/11/2013	13:46:01	13:48:00	749.84	30.11	30
Am 07 H 45 A 60	29.97%	0.003968	60	09/11/2013	11:01:01	11:02:00	680.09	26.32	46
Am 07 H 45 A 60	26.27%	0.000277	120	15/12/2013	09:43:01	09:45:00	735.96	27.56	42
Am 07 H 45 A 75	27.77%	0.000061	120	09/11/2013	14:53:01	14:55:00	824.16	28.52	33
Am 07 H 60 A 0	31.67%	0.000043	120	03/11/2013	11:29:01	11:31:00	795.39	28.79	36
Am 07 H 60 A 0	30.69%	0.000348	120	14/12/2013	10:10:01	10:12:00	769.59	27.46	48
Am 07 H 60 A 15	33.60%	0.000532	120	03/11/2013	11:49:01	11:51:00	925.05	29.43	36
Am 07 H 60 A 30	29.45%	0.000026	120	02/11/2013	16:32:01	16:34:00	692.27	26.28	54
Am 07 H 60 A 30	34.57%	0.000081	120	03/11/2013	11:55:01	11:57:00	935.60	29.97	33
Am 07 H 60 A 30	31.33%	0.000233	120	14/12/2013	10:23:01	10:25:00	945.27	27.97	48
Am 07 H 60 A 45	33.76%	0.000069	120	03/11/2013	13:35:01	13:37:00	903.00	30.98	30
Am 07 H 60 A 60	33.55%	0.000243	120	03/11/2013	12:18:01	12:20:00	920.98	29.86	32
Am 07 H 60 A 60	36.34%	0.000363	120	17/12/2013	12:47:01	12:49:00	1012.83	25.84	42
Am 07 H 60 A 75	34.51%	0.000254	120	03/11/2013	12:10:01	12:12:00	841.23	29.96	33
Am 07 H 75 A 0	33.35%	0.000036	120	03/11/2013	10:53:01	10:55:00	949.41	28.52	39
Am 07 H 75 A 30	36.01%	0.000135	120	03/11/2013	11:07:01	11:09:00	939.53	28.32	38
Am 07 H 75 A 60	34.30%	0.000384	120	03/11/2013	11:19:01	11:21:00	859.58	28.62	38
Am 07 LF H 60 A 60	34.80%	0.001771	120	17/12/2013	12:54:01	12:56:00	803.54	26.20	42
Am 07 LI H 60 A 60	35.73%	0.000180	120	17/12/2013	12:57:01	12:59:00	1060.27	25.64	43
Am 07 P	32.47%	0.000292	120	03/11/2013	10:44:01	10:46:00	933.39	28.08	40
Am 07 P	32.24%	0.000235	120	14/12/2013	10:06:01	10:08:00	1142.32	27.27	48
Am 07 R1 H 30 A 45	0.00%	0.000000	120	03/11/2013	16:56:01	16:58:00	308.82	0.00	0
Am 07 R1 H 60 A 0	33.00%	0.000642	120	03/11/2013	12:45:01	12:47:00	819.52	30.31	31
Am 08 H 30 A 0	27.64%	0.000970	120	10/11/2013	15:08:01	15:10:00	577.60	31.61	36
Am 08 H 30 A 30	26.89%	0.000999	120	10/11/2013	15:02:01	15:04:00	517.93	31.99	33
Am 08 H 30 A 60	27.43%	0.000314	120	10/11/2013	14:54:01	14:56:00	507.37	31.43	30
Am 08 H 45 A 0	31.92%	0.000218	120	10/11/2013	15:15:01	15:17:00	705.37	30.99	38
Am 08 H 45 A 30	32.71%	0.000334	120	15/12/2013	12:07:01	12:09:00	756.61	31.31	29
Am 08 H 45 A 60	31.73%	0.000076	120	15/12/2013	09:46:01	09:48:00	749.17	27.57	40
Am 08 H 60 A 0	38.53%	0.000166	120	10/11/2013	12:19:01	12:21:00	895.69	30.25	35
Am 08 H 60 A 30	38.64%	0.000315	120	10/11/2013	12:11:01	12:13:00	880.43	29.24	34
Am 08 H 60 A 60	38.58%	0.000487	120	10/11/2013	12:02:01	12:04:00	875.82	29.85	33
Am 08 P	38.13%	0.000531	120	10/11/2013	12:25:01	12:27:00	985.78	30.50	35
Am 09 H 30 A 0	9.24%	0.000403	120	14/12/2013	14:12:01	14:14:00	664.45	27.19	57
Am 09 H 30 A 30	3.86%	0.000467	120	15/12/2013	14:57:01	14:59:00	504.94	29.53	46
Am 09 H 30 A 60	3.79%	0.000418	120	14/12/2013	15:37:01	15:39:00	566.73	26.88	57
Am 09 H 45 A 0	10.50%	0.000448	120	14/12/2013	14:15:01	14:17:00	627.21	27.16	58
Am 09 H 45 A 30	10.21%	0.000169	120	14/12/2013	14:27:01	14:29:00	729.50	27.76	56
Am 09 H 60 A 0	11.93%	0.000099	120	14/12/2013	14:20:01	14:22:00	987.08	27.25	58
Am 09 H 60 A 30	14.35%	0.000235	120	14/12/2013	14:24:01	14:26:00	954.42	27.91	55
Am 09 H 60 A 60	19.20%	0.000627	120	17/12/2013	13:00:01	13:02:00	986.29	25.98	42
Am 09 LP H 30 A 60	30.77%	0.002795	120	17/12/2013	10:00:01	10:02:00	281.56	22.95	47
Am 09 LP H 60 A 60	18.02%	0.000090	120	17/12/2013	13:04:01	13:06:00	1088.32	25.94	42
Am 09 LP P	19.75%	0.000227	120	14/12/2013	15:08:01	15:10:00	1044.83	26.81	58
Am 09 P	16.10%	0.000283	120	14/12/2013	12:22:01	12:24:00	627.51	30.59	32
Am 09 R1 H 45 A 60	9.11%	0.000427	120	15/12/2013	11:16:01	11:18:00	798.33	30.05	29
Am 101 H 30 A 0	23.34%	0.000503	120	17/12/2013	15:58:01	16:00:00	485.63	24.62	45
Am 101 H 30 A 60	31.10%	0.000073	120	14/12/2013	15:30:01	15:32:00	1097.98	27.33	56
Am 101 H 45 A 0	27.26%	0.000076	60	17/12/2013	16:02:01	16:03:00	694.10	24.30	47
Am 101 H 45 A 60	24.70%	0.000138	120	15/12/2013	10:00:01	10:02:00	754.64	28.10	36

TRANSMITÂNCIA SOLAR

Amostra / ângulo	TS	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 101 H 60 A 0	32.07%	0.003311	120	17/12/2013	16:04:01	16:06:00	839.53	24.50	46
Am 101 H 60 A 30	24.05%	0.009402	120	15/12/2013	13:54:01	13:56:00	888.40	31.11	35
Am 101 H 60 A 60	34.86%	0.000091	120	17/12/2013	13:09:01	13:11:00	1087.86	26.22	42
Am 101 P	32.41%	0.000035	120	09/11/2013	11:40:01	11:42:00	1084.97	27.22	40
Am 101 R1 H 45 A 30	27.58%	0.000051	120	15/12/2013	13:34:01	13:36:00	804.75	31.18	34
Am 102 H 45 A 30	45.95%	0.007719	120	15/12/2013	13:27:01	13:29:00	797.23	30.81	36
Am 102 H 45 A 60	41.40%	0.000394	120	15/12/2013	10:12:01	10:14:00	758.06	28.07	36
Am 102 P	50.17%	0.000220	120	09/11/2013	11:49:01	11:51:00	1073.41	27.38	38
Am 103 H 45 A 30	19.29%	0.015797	120	15/12/2013	13:21:01	13:23:00	798.74	30.69	36
Am 103 H 45 A 60	13.14%	0.000150	120	15/12/2013	10:22:01	10:24:00	791.39	28.76	33
Am 103 P	13.39%	0.000612	120	09/11/2013	12:04:01	12:06:00	1059.78	26.86	38
Am 104 H 45 A 30	12.88%	0.018150	60	15/12/2013	13:23:01	13:24:00	785.99	30.53	37
Am 104 H 45 A 60	12.57%	0.000123	120	15/12/2013	10:19:01	10:21:00	783.45	28.58	35
Am 104 P	14.58%	0.000168	120	09/11/2013	12:12:01	12:14:00	1126.74	27.71	37
Am 105 H 30 A 0	12.52%	0.000109	60	17/12/2013	13:27:01	13:28:00	606.12	26.21	44
Am 105 H 30 A 30	7.18%	0.000552	120	15/12/2013	14:31:01	14:33:00	539.16	30.18	39
Am 105 H 30 A 60	12.29%	0.000860	120	14/12/2013	16:11:01	16:13:00	370.00	26.63	57
Am 105 H 45 A 0	14.71%	0.000595	120	17/12/2013	13:24:01	13:26:00	785.74	25.98	42
Am 105 H 45 A 30	14.83%	0.000385	120	15/12/2013	12:27:01	12:29:00	845.92	31.27	29
Am 105 H 45 A 60	14.29%	0.000176	120	15/12/2013	11:09:01	11:11:00	768.52	29.47	33
Am 105 H 60 A 0	15.84%	0.000095	60	17/12/2013	13:22:01	13:23:00	962.25	25.82	42
Am 105 H 60 A 30	15.38%	0.000646	120	15/12/2013	14:08:01	14:10:00	774.58	30.47	36
Am 105 H 60 A 60	17.04%	0.000324	120	17/12/2013	13:19:01	13:21:00	1028.68	25.77	42
Am 105 P	14.61%	0.000145	120	09/11/2013	12:26:01	12:28:00	1152.19	27.49	39
Am 106 H 30 A 0	12.62%	0.000142	120	17/12/2013	15:18:01	15:20:00	562.88	25.94	42
Am 106 H 30 A 30	7.66%	0.000550	120	15/12/2013	14:50:01	14:52:00	499.47	29.55	45
Am 106 H 45 A 0	12.51%	0.000222	120	17/12/2013	15:29:01	15:31:00	781.15	24.44	46
Am 106 H 45 A 30	13.27%	0.000726	120	15/12/2013	13:15:01	13:17:00	682.59	30.55	38
Am 106 H 45 A 60	13.86%	0.000107	120	15/12/2013	11:00:01	11:02:00	799.64	29.28	31
Am 106 H 60 A 0	14.09%	0.000184	120	17/12/2013	15:32:01	15:34:00	894.17	24.69	45
Am 106 H 60 A 30	14.75%	0.000109	120	15/12/2013	13:44:01	13:46:00	894.13	30.34	36
Am 106 H 60 A 60	19.67%	0.000236	120	17/12/2013	11:53:01	11:55:00	1034.23	25.65	41
Am 106 P	13.28%	0.000187	120	09/11/2013	12:43:01	12:45:00	1160.30	27.71	36
Am 107 H 30 A 0	43.47%	0.000431	60	17/12/2013	15:01:01	15:02:00	574.87	25.38	44
Am 107 H 30 A 30	36.69%	0.001103	120	15/12/2013	14:44:01	14:46:00	500.52	29.70	43
Am 107 H 30 A 60	38.07%	0.001536	120	14/12/2013	16:07:01	16:09:00	499.20	26.42	58
Am 107 H 30 A 60	45.35%	0.001058	120	17/12/2013	11:28:01	11:30:00	585.18	24.96	43
Am 107 H 45 A 0	47.84%	0.000049	60	17/12/2013	15:03:01	15:04:00	813.42	25.62	43
Am 107 H 45 A 30	39.11%	0.000119	120	15/12/2013	12:59:01	13:01:00	815.56	30.66	36
Am 107 H 45 A 60	43.68%	0.000222	120	15/12/2013	10:40:01	10:42:00	803.60	29.10	33
Am 107 H 60 A 0	52.54%	0.005104	120	17/12/2013	15:05:01	15:07:00	931.10	25.67	44
Am 107 H 60 A 30	38.49%	0.003746	120	15/12/2013	14:00:01	14:02:00	482.71	31.25	33
Am 107 H 60 A 60	51.90%	0.000612	120	17/12/2013	12:08:01	12:10:00	1083.07	25.35	41
Am 107 P	44.68%	0.003218	120	09/11/2013	13:02:01	13:04:00	975.77	27.37	33
Am 108 H 30 A 0	12.88%	0.004218	60	17/12/2013	14:43:01	14:44:00	564.47	25.77	44
Am 108 H 30 A 30	11.80%	0.000266	120	15/12/2013	14:23:01	14:25:00	583.11	30.84	36
Am 108 H 30 A 60	16.48%	0.000196	120	17/12/2013	10:52:01	10:54:00	690.58	24.72	43
Am 108 H 45 A 0	17.24%	0.001143	120	17/12/2013	14:41:01	14:43:00	707.15	25.71	43
Am 108 H 45 A 30	14.09%	0.001334	120	15/12/2013	12:51:01	12:53:00	623.33	30.04	37
Am 108 H 45 A 60	15.50%	0.000323	120	15/12/2013	10:34:01	10:36:00	797.94	29.23	31
Am 108 H 60 A 0	19.14%	0.000369	120	17/12/2013	14:38:01	14:40:00	965.12	25.88	44

TRANSMITÂNCIA SOLAR

Amostra / ângulo	TS	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 108 H 60 A 30	16.52%	0.000257	120	15/12/2013	14:10:01	14:12:00	905.89	30.50	36
Am 108 H 60 A 60	20.00%	0.001041	120	17/12/2013	12:30:01	12:32:00	745.25	25.51	40
Am 108 LN H 30 A 60	16.67%	0.000422	60	17/12/2013	11:05:01	11:06:00	624.25	25.38	40
Am 108 LO H 30 A 60	16.50%	0.000050	120	17/12/2013	11:01:01	11:03:00	726.00	25.42	41
Am 108 LS H 30 A 60	15.85%	0.000253	120	17/12/2013	10:58:01	11:00:00	739.83	24.88	42
Am 108 LS P	14.97%	0.000212	120	14/12/2013	15:21:01	15:23:00	1032.50	26.90	57
Am 108 P	30.02%	0.003008	120	09/11/2013	13:37:01	13:39:00	870.97	28.69	35
Am 109 H 30 A 0	15.41%	0.000150	120	17/12/2013	14:46:01	14:48:00	568.49	26.24	42
Am 109 H 30 A 30	6.84%	0.002230	60	15/12/2013	14:40:01	14:41:00	504.43	29.75	42
Am 109 H 30 A 60	16.36%	0.000321	120	14/12/2013	15:55:01	15:57:00	530.95	26.81	56
Am 109 H 30 A 60	19.50%	0.000931	120	17/12/2013	10:41:01	10:43:00	720.50	24.30	44
Am 109 H 45 A 0	18.41%	0.001048	60	17/12/2013	14:49:01	14:50:00	769.14	26.44	41
Am 109 H 45 A 60	17.20%	0.000168	120	15/12/2013	10:28:01	10:30:00	769.73	28.97	32
Am 109 H 60 A 0	21.19%	0.000031	60	17/12/2013	14:51:01	14:52:00	924.23	25.81	43
Am 109 H 60 A 60	19.55%	0.000411	120	17/12/2013	12:27:01	12:29:00	1037.30	25.95	40
Am 109 LO H 30 A 60	19.61%	0.000797	120	17/12/2013	10:31:01	10:33:00	597.41	24.56	43
Am 109 LS P	19.93%	0.000086	120	14/12/2013	15:25:01	15:27:00	1054.76	26.80	57
Am 109 P	19.02%	0.000982	120	09/11/2013	16:14:01	16:16:00	745.91	26.02	60
Am 110 P	13.71%	0.000227	120	09/11/2013	16:23:01	16:25:00	736.70	26.04	59
Am 111 H 30 A 0	13.84%	0.000121	60	17/12/2013	16:14:01	16:15:00	474.78	24.47	46
Am 111 H 45 A 0	22.39%	0.000383	120	17/12/2013	16:11:01	16:13:00	668.39	24.23	45
Am 111 H 45 A 30	22.65%	0.000407	120	15/12/2013	13:31:01	13:33:00	808.17	31.13	35
Am 111 H 45 A 60	20.53%	0.000290	120	15/12/2013	10:05:01	10:07:00	750.45	27.59	37
Am 111 H 60 A 0	26.76%	0.000280	120	17/12/2013	16:07:01	16:09:00	831.52	24.63	46
Am 111 H 60 A 60	27.94%	0.000489	120	17/12/2013	13:13:01	13:15:00	948.78	25.88	41
Am 111 P	25.51%	0.000287	120	10/11/2013	15:46:01	15:48:00	819.43	30.17	40
Am 112 H 30 A 0	32.80%	0.001902	120	10/11/2013	16:03:01	16:05:00	420.33	29.33	40
Am 112 H 45 A 0	36.35%	0.000166	120	10/11/2013	16:10:01	16:12:00	554.58	29.30	41
Am 112 H 45 A 30	40.51%	0.000487	60	15/12/2013	13:25:01	13:26:00	782.52	30.50	36
Am 112 H 45 A 60	39.48%	0.000229	120	15/12/2013	10:16:01	10:18:00	774.72	28.30	35
Am 112 H 60 A 0	40.08%	0.000322	120	10/11/2013	16:17:01	16:19:00	682.87	29.31	42
Am 112 P	42.58%	0.001966	120	10/11/2013	15:55:01	15:57:00	773.37	29.59	41
Am 113 H 30 A 0	41.97%	0.017086	120	17/12/2013	15:13:01	15:15:00	537.76	25.81	44
Am 113 H 30 A 30	37.78%	0.003918	120	15/12/2013	14:54:01	14:56:00	495.93	29.41	46
Am 113 H 30 A 60	44.51%	0.000912	120	17/12/2013	11:09:01	11:11:00	258.69	24.71	42
Am 113 H 45 A 0	49.78%	0.000285	60	17/12/2013	15:10:01	15:11:00	781.26	25.46	43
Am 113 H 45 A 30	46.19%	0.000329	120	15/12/2013	13:05:01	13:07:00	838.48	30.49	35
Am 113 H 45 A 60	45.96%	0.000168	120	15/12/2013	10:47:01	10:49:00	786.82	29.23	33
Am 113 H 60 A 30	44.98%	0.006598	120	15/12/2013	13:57:01	13:59:00	469.35	31.60	35
Am 113 H 60 A 60	55.42%	0.000357	120	17/12/2013	12:12:01	12:14:00	1025.82	25.67	41
Am 114 H 30 A 0	13.07%	0.000992	120	17/12/2013	14:58:01	15:00:00	564.35	25.59	43
Am 114 H 30 A 30	8.01%	0.000161	120	15/12/2013	14:33:01	14:35:00	511.03	30.07	41
Am 114 H 30 A 60	4.89%	0.000693	60	17/12/2013	11:17:01	11:18:00	722.15	24.97	40
Am 114 H 45 A 0	12.73%	0.000353	60	17/12/2013	14:56:01	14:57:00	718.83	25.50	43
Am 114 H 45 A 30	12.84%	0.000178	120	15/12/2013	13:09:01	13:11:00	875.28	30.57	37
Am 114 H 45 A 60	15.03%	0.000317	120	15/12/2013	10:51:01	10:53:00	784.74	29.06	33
Am 114 H 60 A 0	16.30%	0.000565	60	17/12/2013	14:54:01	14:55:00	927.22	25.72	43
Am 114 H 60 A 30	12.51%	0.000047	120	15/12/2013	13:48:01	13:50:00	877.54	30.67	36
Am 114 H 60 A 60	17.04%	0.000115	120	17/12/2013	12:20:01	12:22:00	1082.52	25.83	41
Am 12 H 30 A 0	10.21%	0.000236	120	10/11/2013	14:25:01	14:27:00	505.13	32.11	29
Am 12 H 30 A 30	11.61%	0.000177	120	10/11/2013	14:33:01	14:35:00	501.75	31.75	31

TRANSMITÂNCIA SOLAR

Amostra / ângulo	TS	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 12 H 30 A 60	17.95%	0.000172	120	10/11/2013	14:45:01	14:47:00	475.35	31.55	29
Am 12 H 45 A 0	13.29%	0.000421	120	10/11/2013	14:18:01	14:20:00	692.04	31.54	31
Am 12 H 45 A 30	21.01%	0.000071	120	15/12/2013	11:55:01	11:57:00	772.22	30.65	29
Am 12 H 45 A 60	31.40%	0.000243	120	15/12/2013	09:57:01	09:59:00	755.51	28.00	40
Am 12 H 60 A 0	28.51%	0.000089	120	10/11/2013	11:35:01	11:37:00	897.14	28.98	36
Am 12 H 60 A 30	32.56%	0.000305	120	10/11/2013	11:47:01	11:49:00	891.08	29.26	35
Am 12 H 60 A 60	40.35%	0.000313	120	10/11/2013	11:54:01	11:56:00	871.11	29.74	36
Am 12 LC H 30 A 0	53.54%	0.003358	120	17/12/2013	14:25:01	14:27:00	510.75	25.69	44
Am 12 LC H 45 A 0	71.30%	0.000210	120	17/12/2013	14:30:01	14:32:00	832.05	25.56	44
Am 12 LC H 60 A 0	68.83%	0.001378	120	17/12/2013	14:34:01	14:36:00	946.67	25.23	44
Am 12 LD H 30 A 0	46.59%	0.001500	120	17/12/2013	14:20:01	14:22:00	302.17	25.79	43
Am 12 LD H 30 A 60	24.46%	0.005012	120	17/12/2013	10:04:01	10:06:00	505.67	23.49	48
Am 12 LD H 45 A 0	53.56%	0.002289	60	17/12/2013	14:16:01	14:17:00	727.63	25.65	43
Am 12 LD H 45 A 30	60.35%	0.000423	120	15/12/2013	11:47:01	11:49:00	769.11	30.36	29
Am 12 LD H 45 A 60	69.45%	0.000096	120	15/12/2013	11:40:01	11:42:00	789.98	30.13	29
Am 12 LD H 60 A 0	53.87%	0.000066	60	17/12/2013	14:18:01	14:19:00	1042.78	25.59	43
Am 12 LD P	50.18%	0.000066	120	14/12/2013	15:14:01	15:16:00	1022.09	26.88	56
Am 12 LE H 30 A 0	45.74%	0.001023	60	17/12/2013	14:06:01	14:07:00	594.05	25.51	43
Am 12 LE H 30 A 60	58.23%	0.002724	120	17/12/2013	10:10:01	10:12:00	582.67	23.47	45
Am 12 LE H 45 A 0	51.98%	0.000171	120	17/12/2013	14:11:01	14:13:00	832.99	25.70	42
Am 12 LE H 45 A 30	32.74%	0.000062	120	15/12/2013	11:51:01	11:53:00	772.65	30.63	30
Am 12 LE H 45 A 60	19.27%	0.000055	120	15/12/2013	11:34:01	11:36:00	770.58	30.68	31
Am 12 LE H 60 A 0	52.48%	0.001425	120	17/12/2013	14:08:01	14:10:00	915.30	25.59	43
Am 12 LE P	47.42%	0.000354	120	14/12/2013	15:11:01	15:13:00	1019.59	26.87	56
Am 12 P	47.75%	0.000129	120	10/11/2013	11:27:01	11:29:00	1038.63	29.54	37
Am forro P	8.97%	0.000198	120	14/12/2013	15:17:01	15:19:00	1017.02	26.74	57
s/Am H	82.79%	0.009375	120	02/11/2013	13:55:01	13:57:00	613.64	28.65	37
s/Am H	102.14%	0.000150	120	03/11/2013	10:22:01	10:24:00	923.37	27.47	41
s/Am H	98.79%	0.000219	120	09/11/2013	10:11:01	10:13:00	925.25	24.72	53
s/Am H	93.39%	0.004209	120	10/11/2013	09:08:01	09:10:00	799.11	25.00	53
s/Am H	105.91%	0.000586	120	14/12/2013	09:49:01	09:51:00	886.13	26.60	52
s/Am H	100.73%	0.000159	120	15/12/2013	09:00:01	09:02:00	775.79	25.60	51
s/Am H 30 A 30	89.88%	0.000725	120	02/11/2013	16:04:01	16:06:00	504.45	27.91	44
s/Am H 30 A 60	97.28%	0.001173	120	02/11/2013	15:50:01	15:52:00	472.36	28.50	33
s/Am H 30 A 60	106.21%	0.005690	60	17/12/2013	11:14:01	11:15:00	550.15	24.98	41
s/Am H 45 A 0	105.08%	0.000419	120	02/11/2013	14:45:01	14:47:00	713.50	29.04	33
s/Am H 60 A 30	93.71%	0.000089	120	02/11/2013	16:18:01	16:20:00	781.49	26.94	49
s/Am H H 45 A 15	105.37%	0.001473	120	17/12/2013	08:37:01	08:39:00	272.76	22.64	52
s/Am P	101.54%	0.000122	120	02/11/2013	14:55:01	14:57:00	1023.15	29.35	31
s/Am P	99.82%	0.000527	120	03/11/2013	10:35:01	10:37:00	742.98	27.33	40
s/Am P	101.46%	0.000146	120	09/11/2013	10:25:01	10:27:00	1011.86	25.11	52
s/Am P	103.59%	0.000234	120	10/11/2013	09:19:01	09:21:00	1003.19	26.15	51
s/Am P	100.22%	0.000131	120	14/12/2013	09:58:01	10:00:00	1059.40	26.40	51
s/Am P	100.37%	0.000093	120	15/12/2013	09:11:01	09:13:00	1022.60	26.62	45
s/Am P	89.54%	0.006561	120	17/12/2013	08:54:01	08:56:00	599.42	22.55	52

TRANSMITÂNCIA LUMINOSA

Amostra / ângulo	TL	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 01 H 30 A 0	39.29%	0.000219	120	04/12/2013	10:05:01	10:07:00	591.61	30.26	48
Am 01 H 30 A 30	39.45%	0.008322	120	11/11/2013	15:24:01	15:26:00	519.87	35.59	28
Am 01 H 30 A 45	73.10%	0.000189	120	04/12/2013	14:59:01	15:01:00	536.45	34.16	26
Am 01 H 30 A 60	39.66%	0.001616	120	11/11/2013	14:50:01	14:52:00	523.38	35.82	27
Am 01 H 45 A 0	38.78%	0.001121	120	11/11/2013	11:54:01	11:56:00	791.01	34.64	28
Am 01 H 45 A 30	39.54%	0.000476	120	04/12/2013	14:48:01	14:50:00	764.41	34.54	27
Am 01 H 45 A 60	41.71%	0.000399	120	09/12/2013	10:44:01	10:46:00	812.48	31.67	44
Am 01 H 60 A 0	35.75%	0.005184	120	11/11/2013	11:38:01	11:40:00	554.68	34.15	29
Am 01 H 60 A 30	42.78%	0.000914	120	11/11/2013	11:29:01	11:31:00	924.44	33.37	30
Am 01 H 60 A 60	48.31%	0.001113	120	11/11/2013	11:24:01	11:26:00	892.43	33.58	30
Am 01 LA P	47.19%	0.000063	120	04/12/2013	09:56:01	09:58:00	1070.56	29.63	49
Am 01 P	47.31%	0.000624	120	04/12/2013	09:48:01	09:50:00	1017.73	29.08	52
Am 02 H 30 A 30	76.08%	0.004377	120	04/12/2013	10:58:01	11:00:00	517.13	32.05	36
Am 02 H 30 A 45	65.56%	0.000273	120	04/12/2013	15:05:01	15:07:00	141.69	33.49	27
Am 02 H 45 A 0	92.19%	0.001019	120	28/11/2013	14:26:01	14:28:00	772.72	31.50	35
Am 02 H 45 A 30	90.79%	0.000342	120	04/12/2013	14:42:01	14:44:00	779.57	34.14	26
Am 02 H 45 A 60	97.97%	0.000178	120	09/12/2013	10:54:01	10:56:00	808.15	31.52	44
Am 02 H 60 A 0	99.06%	0.002128	120	28/11/2013	14:15:01	14:17:00	926.65	31.98	36
Am 02 H 60 A 30	77.43%	0.000902	120	04/12/2013	13:06:01	13:08:00	954.76	33.39	28
Am 02 H 60 A 60	78.37%	0.007241	120	04/12/2013	11:50:01	11:52:00	510.22	32.91	33
Am 02 P	44.56%	0.001179	120	28/11/2013	14:04:01	14:06:00	1107.23	31.51	35
Am 03 H 30 A 0	6.21%	0.000051	120	09/12/2013	09:32:01	09:34:00	541.65	29.98	48
Am 03 H 30 A 30	9.52%	0.000109	120	29/11/2013	15:56:01	15:58:00	488.48	30.54	53
Am 03 H 30 A 60	6.49%	0.000113	120	05/12/2013	09:20:01	09:22:00	532.89	30.87	43
Am 03 H 45 A 0	13.25%	0.000380	120	28/11/2013	14:37:01	14:39:00	492.37	31.97	33
Am 03 H 45 A 30	12.76%	0.000062	120	04/12/2013	14:35:01	14:37:00	781.60	33.83	26
Am 03 H 45 A 60	12.79%	0.000048	120	09/12/2013	09:50:01	09:52:00	759.63	30.34	47
Am 03 H 60 A 0	18.78%	0.000359	120	28/11/2013	14:48:01	14:50:00	884.14	31.55	38
Am 03 H 60 A 60	16.01%	0.000868	120	29/11/2013	14:51:01	14:53:00	538.28	31.76	38
Am 03 LA H 30 A 30	8.47%	0.000313	120	29/11/2013	16:01:01	16:03:00	427.42	29.87	55
Am 03 P	24.09%	0.000084	120	28/11/2013	13:38:01	13:40:00	1129.46	31.44	35
Am 04 H 30 A 30	12.68%	0.000145	120	04/12/2013	11:07:01	11:09:00	659.26	32.15	39
Am 04 H 30 A 60	10.44%	0.000066	120	05/12/2013	09:26:01	09:28:00	525.17	31.31	39
Am 04 H 45 A 0	16.16%	0.000079	120	09/12/2013	09:19:01	09:21:00	735.63	29.55	49
Am 04 H 45 A 30	16.90%	0.000209	120	04/12/2013	14:27:01	14:29:00	760.33	33.99	26
Am 04 H 45 A 60	15.84%	0.000034	120	09/12/2013	09:55:01	09:57:00	745.41	30.25	47
Am 04 H 60 A 0	21.75%	0.000086	120	09/12/2013	09:23:01	09:25:00	873.73	29.45	49
Am 04 H 60 A 30	22.25%	0.001018	120	04/12/2013	13:13:01	13:15:00	778.73	33.00	28
Am 04 H 60 A 60	22.07%	0.000183	120	04/12/2013	11:37:01	11:39:00	957.76	31.99	37
Am 04 LA H 60 A 60	22.13%	0.000556	120	04/12/2013	12:55:01	12:57:00	692.20	33.63	28
Am 04 P	25.40%	0.000079	120	09/12/2013	09:16:01	09:18:00	1009.87	29.12	49
Am 05 H 30 A 0	30.52%	0.000818	120	09/12/2013	09:37:01	09:39:00	530.95	30.01	48
Am 05 H 30 A 30	27.69%	0.000408	120	29/11/2013	16:06:01	16:08:00	441.23	29.39	56
Am 05 H 30 A 60	30.11%	0.000480	120	05/12/2013	09:33:01	09:35:00	534.20	31.64	40
Am 05 H 45 A 0	30.98%	0.000236	120	28/11/2013	15:11:01	15:13:00	135.00	31.60	34
Am 05 H 45 A 30	19.09%	0.002352	120	04/12/2013	14:22:01	14:24:00	654.70	34.50	24
Am 05 H 45 A 60	49.05%	0.000959	120	09/12/2013	09:44:01	09:46:00	727.05	30.42	47
Am 05 H 60 A 0	32.04%	0.000361	120	28/11/2013	14:58:01	15:00:00	858.54	32.03	33
Am 05 H 60 A 30	74.61%	0.000315	120	04/12/2013	13:18:01	13:20:00	945.08	33.72	28
Am 05 H 60 A 60	48.11%	0.000563	120	29/11/2013	15:06:01	15:08:00	861.57	33.48	36
Am 05 LA H 30 A 30	26.20%	0.000309	120	29/11/2013	16:11:01	16:13:00	113.86	28.42	58
Am 05 P	28.06%	0.000646	120	12/11/2013	12:34:01	12:36:00	581.20	29.61	51
Am 05 R1 H 30 A 45	27.16%	0.000042	120	04/12/2013	15:13:01	15:15:00	548.49	33.24	29
Am 06 H 30 A 0	6.31%	0.000043	120	11/11/2013	10:49:01	10:51:00	521.82	33.25	28
Am 06 H 30 A 30	11.01%	0.001732	120	04/12/2013	10:24:01	10:26:00	481.23	31.11	39

TRANSMITÂNCIA LUMINOSA

Amostra / ângulo	TL	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 06 H 30 A 60	20.41%	0.000535	120	05/12/2013	09:38:01	09:40:00	536.82	31.84	40
Am 06 H 45 A 0	13.91%	0.000829	120	11/11/2013	10:42:01	10:44:00	723.65	32.86	30
Am 06 H 45 A 30	22.47%	0.000083	120	04/12/2013	14:16:01	14:18:00	804.23	34.54	25
Am 06 H 45 A 60	30.69%	0.000497	120	09/12/2013	10:01:01	10:03:00	759.37	30.74	46
Am 06 H 60 A 0	30.19%	0.000494	120	11/11/2013	10:35:01	10:37:00	876.54	33.38	29
Am 06 H 60 A 30	30.23%	0.000002	120	11/11/2013	11:00:01	11:02:00	882.84	33.39	29
Am 06 H 60 A 60	30.22%	0.000082	120	11/11/2013	11:08:01	11:10:00	880.47	33.79	30
Am 06 LA H 30 A 30	9.84%	0.000627	120	04/12/2013	10:31:01	10:33:00	533.64	31.41	39
Am 06 LC H 30 A 30	60.24%	0.001174	120	04/12/2013	10:46:01	10:48:00	565.89	31.97	36
Am 06 P	59.72%	0.002434	120	11/11/2013	10:28:01	10:30:00	1001.58	33.36	32
Am 07 H 30 A 0	23.57%	0.000059	120	29/11/2013	13:14:01	13:16:00	600.06	31.63	42
Am 07 H 30 A 30	23.17%	0.000326	120	29/11/2013	15:46:01	15:48:00	529.24	31.21	50
Am 07 H 30 A 60	21.15%	0.000111	120	05/12/2013	09:44:01	09:46:00	536.89	31.96	40
Am 07 H 45 A 0	28.41%	0.000198	120	29/11/2013	13:39:01	13:41:00	238.21	31.59	39
Am 07 H 45 A 30	28.27%	0.000085	120	04/12/2013	14:11:01	14:13:00	820.70	33.90	27
Am 07 H 45 A 60	28.51%	0.000180	120	09/12/2013	10:06:01	10:08:00	750.69	30.61	46
Am 07 H 60 A 0	31.54%	0.000087	120	29/11/2013	13:33:01	13:35:00	980.95	31.36	39
Am 07 H 60 A 30	31.90%	0.000091	120	29/11/2013	14:21:01	14:23:00	936.13	32.57	39
Am 07 H 60 A 60	31.77%	0.000078	120	29/11/2013	14:31:01	14:33:00	894.58	32.85	37
Am 07 LA H 30 A 30	23.94%	0.000285	120	29/11/2013	15:51:01	15:53:00	526.73	30.53	52
Am 07 P	32.08%	0.000387	120	29/11/2013	13:24:01	13:26:00	1160.77	31.02	42
Am 08 H 30 A 0	30.06%	0.000639	120	11/11/2013	13:50:01	13:52:00	568.08	34.95	28
Am 08 H 30 A 30	34.00%	0.000966	120	11/11/2013	14:10:01	14:12:00	510.63	35.18	27
Am 08 H 30 A 60	33.33%	0.000000	120	11/11/2013	14:20:01	14:22:00	525.51	35.13	29
Am 08 H 45 A 0	31.53%	0.000759	120	11/11/2013	13:44:01	13:46:00	742.48	34.97	27
Am 08 H 45 A 30	34.49%	0.000188	120	04/12/2013	14:08:01	14:10:00	841.24	33.88	26
Am 08 H 45 A 60	33.46%	0.000465	120	09/12/2013	10:11:01	10:13:00	761.33	30.81	46
Am 08 H 60 A 0	39.82%	0.000600	120	11/11/2013	13:38:01	13:40:00	961.53	34.79	28
Am 08 H 60 A 30	36.45%	0.001059	120	11/11/2013	13:26:01	13:28:00	956.21	35.21	28
Am 08 H 60 A 60	38.78%	0.001243	120	11/11/2013	13:18:01	13:20:00	891.08	34.81	28
Am 08 P	36.14%	0.000759	120	11/11/2013	13:58:01	14:00:00	1007.94	35.60	27
Am 09 H 30 A 0	9.56%	0.000616	120	28/11/2013	16:01:01	16:03:00	179.19	31.42	36
Am 09 H 30 A 30	5.93%	0.000164	120	04/12/2013	11:18:01	11:20:00	627.71	33.36	33
Am 09 H 30 A 60	5.22%	0.000032	120	05/12/2013	09:52:01	09:54:00	532.86	32.03	39
Am 09 H 45 A 0	6.82%	0.000262	120	28/11/2013	15:25:01	15:27:00	615.92	31.53	37
Am 09 H 45 A 30	20.34%	0.020082	120	04/12/2013	13:55:01	13:57:00	834.49	34.77	25
Am 09 H 45 A 60	10.62%	0.000046	120	09/12/2013	10:16:01	10:18:00	726.40	30.71	46
Am 09 H 60 A 0	13.25%	0.000132	120	28/11/2013	15:34:01	15:36:00	781.89	32.41	33
Am 09 H 60 A 30	60.18%	0.000700	120	04/12/2013	13:27:01	13:29:00	987.44	33.75	27
Am 09 H 60 A 60	13.62%	0.000393	120	04/12/2013	11:27:01	11:29:00	510.72	32.18	34
Am 09 LA P	16.67%	0.000101	120	29/11/2013	12:29:01	12:31:00	995.89	30.12	48
Am 09 LP H 60 A 60	14.44%	0.000063	120	04/12/2013	12:44:01	12:46:00	988.93	33.80	29
Am 09 P	17.65%	0.000059	120	29/11/2013	12:39:01	12:41:00	1050.73	29.97	47
Am 101 H 30 A 0	23.03%	0.000726	120	12/11/2013	10:34:01	10:36:00	547.53	29.40	49
Am 101 H 30 A 60	22.97%	0.000069	120	05/12/2013	10:00:01	10:02:00	538.04	31.97	40
Am 101 H 45 A 0	24.79%	0.000083	120	12/11/2013	10:25:01	10:27:00	938.85	29.41	48
Am 101 H 45 A 30	67.88%	0.000174	120	04/12/2013	13:46:01	13:48:00	819.64	33.92	27
Am 101 H 45 A 60	26.93%	0.000070	120	09/12/2013	10:40:01	10:42:00	809.61	31.13	47
Am 101 H 60 A 0	28.24%	0.000073	120	11/11/2013	16:43:01	16:45:00	655.51	34.80	28
Am 101 H 60 A 30	67.92%	0.000049	120	04/12/2013	13:39:01	13:41:00	897.13	34.47	26
Am 101 H 60 A 60	29.40%	0.000084	120	04/12/2013	12:33:01	12:35:00	1010.98	33.26	31
Am 101 P	27.15%	0.000922	120	12/11/2013	10:03:01	10:05:00	975.34	29.49	45
Am 102 H 30 A 60	46.24%	0.000514	120	05/12/2013	10:54:01	10:56:00	559.24	32.85	34
Am 102 H 60 A 60	42.02%	0.000346	120	05/12/2013	13:34:01	13:36:00	460.25	34.02	32
Am 102 P	42.55%	0.000435	120	12/11/2013	11:11:01	11:13:00	623.13	28.97	51

TRANSMITÂNCIA LUMINOSA

Amostra / ângulo	TL	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 103 H 30 A 60	11.29%	0.002035	120	05/12/2013	11:26:01	11:28:00	565.69	33.99	32
Am 103 P	12.23%	0.000490	120	12/11/2013	11:46:01	11:48:00	806.86	29.26	52
Am 104 H 30 A 60	26.67%	0.000701	120	05/12/2013	11:18:01	11:20:00	570.11	33.56	33
Am 104 H 60 A 60	13.68%	0.000132	120	05/12/2013	13:49:01	13:51:00	425.85	33.84	32
Am 104 P	12.93%	0.000387	120	12/11/2013	12:00:01	12:02:00	530.27	29.43	51
Am 105 H 30 A 60	6.48%	0.000305	120	05/12/2013	11:56:01	11:58:00	625.43	33.85	32
Am 105 H 45 A 60	20.27%	0.002682	120	09/12/2013	12:11:01	12:13:00	842.58	33.02	40
Am 105 H 60 A 60	17.04%	0.000668	120	05/12/2013	13:13:01	13:15:00	602.46	34.23	32
Am 105 P	13.29%	0.000056	120	12/11/2013	13:30:01	13:32:00	381.27	30.19	50
Am 106 H 30 A 60	3.85%	0.000418	120	05/12/2013	11:44:01	11:46:00	600.13	33.84	32
Am 106 H 45 A 60	11.87%	0.000369	120	09/12/2013	11:51:01	11:53:00	226.73	32.15	43
Am 106 H 60 A 60	11.95%	0.000090	120	05/12/2013	13:20:01	13:22:00	391.32	34.60	32
Am 106 P	9.90%	0.000655	120	12/11/2013	13:45:01	13:47:00	726.83	30.36	49
Am 107 H 30 A 60	35.65%	0.001182	120	05/12/2013	12:31:01	12:33:00	323.65	33.98	31
Am 107 H 45 A 60	38.08%	0.000517	120	09/12/2013	11:26:01	11:28:00	211.30	31.28	43
Am 107 H 60 A 60	35.92%	0.000475	120	05/12/2013	12:40:01	12:42:00	688.83	34.30	31
Am 107 P	36.32%	0.000240	120	12/11/2013	14:30:01	14:32:00	340.20	29.95	50
Am 108 H 30 A 60	19.66%	0.000605	120	05/12/2013	10:31:01	10:33:00	567.46	33.02	34
Am 108 H 45 A 60	11.58%	0.000740	120	09/12/2013	11:18:01	11:20:00	856.73	31.28	44
Am 108 H 60 A 60	15.34%	0.000131	120	05/12/2013	12:46:01	12:48:00	721.17	34.15	30
Am 108 P	13.45%	0.000033	120	12/11/2013	14:08:01	14:10:00	428.72	29.40	53
Am 109 H 30 A 60	16.67%	0.000121	120	05/12/2013	10:45:01	10:47:00	546.29	33.01	33
Am 109 H 45 A 60	26.72%	0.018729	60	09/12/2013	11:16:01	11:17:00	873.58	30.74	46
Am 109 H 60 A 60	17.90%	0.000320	120	05/12/2013	12:56:01	12:58:00	427.48	33.57	32
Am 109 P	16.34%	0.000047	120	12/11/2013	14:42:01	14:44:00	272.43	29.69	49
Am 110 P	15.46%	0.000570	120	12/11/2013	15:01:01	15:03:00	529.24	29.89	46
Am 111 H 30 A 0	14.34%	0.000068	120	11/11/2013	15:42:01	15:44:00	463.33	35.59	27
AM 111 H 30 A 60	15.58%	0.000114	120	05/12/2013	10:16:01	10:18:00	561.88	32.60	38
Am 111 H 45 A 0	24.23%	0.000131	120	11/11/2013	15:50:01	15:52:00	624.78	35.40	27
Am 111 H 45 A 30	45.78%	0.019954	120	04/12/2013	13:50:01	13:52:00	796.59	34.35	26
Am 111 H 45 A 60	20.70%	0.000094	120	09/12/2013	11:02:01	11:04:00	884.50	31.62	43
Am 111 H 60 A 0	31.31%	0.000062	120	11/11/2013	15:59:01	16:01:00	737.05	34.88	28
Am 111 H 60 A 30	65.87%	0.000049	120	04/12/2013	13:33:01	13:35:00	938.66	34.15	27
Am 111 H 60 A 60	23.97%	0.000084	120	04/12/2013	12:01:01	12:03:00	1013.90	34.19	30
Am 111 P	20.24%	0.000642	120	12/11/2013	11:00:01	11:02:00	460.84	29.14	51
Am 112 H 30 A 60	28.66%	0.003001	120	05/12/2013	11:08:01	11:10:00	537.42	33.27	34
Am 112 H 60 A 60	37.38%	0.000368	120	05/12/2013	13:44:01	13:46:00	484.39	34.00	32
Am 112 P	41.58%	0.000545	120	12/11/2013	11:25:01	11:27:00	850.73	30.00	51
Am 112 R1 H 30 A 60	37.96%	0.001493	120	05/12/2013	11:10:01	11:12:00	537.13	33.50	36
Am 113 H 30 A 60	49.08%	0.001177	120	05/12/2013	12:12:01	12:14:00	626.61	34.23	31
Am 113 H 45 A 60	41.89%	0.001520	120	09/12/2013	11:36:01	11:38:00	356.29	31.49	42
Am 113 H 60 A 60	42.34%	0.000576	120	05/12/2013	13:04:01	13:06:00	546.98	34.21	33
Am 113 P	40.50%	0.000479	120	12/11/2013	13:04:01	13:06:00	485.47	29.75	52
Am 114 H 30 A 60	19.20%	0.004952	120	05/12/2013	11:34:01	11:36:00	566.61	33.85	32
Am 114 H 45 A 60	5.28%	0.000716	120	09/12/2013	12:02:01	12:04:00	817.85	32.16	40
Am 114 H 60 A 60	13.00%	0.001024	120	05/12/2013	13:27:01	13:29:00	508.05	34.07	32
Am 114 P	13.35%	0.001752	120	12/11/2013	13:20:01	13:22:00	779.47	30.15	50
Am 12 H 30 A 0	12.77%	0.000677	120	11/11/2013	12:50:01	12:52:00	547.32	34.90	28
Am 12 H 30 A 30	20.93%	0.000493	120	11/11/2013	15:09:01	15:11:00	505.28	35.41	27
Am 12 H 30 A 60	29.83%	0.000000	120	11/11/2013	15:00:01	15:02:00	580.77	34.96	29
Am 12 H 45 A 0	18.38%	0.000382	120	11/11/2013	12:44:01	12:46:00	733.92	34.77	28
Am 12 H 45 A 30	49.71%	0.018345	120	04/12/2013	14:01:01	14:03:00	802.19	34.13	25
Am 12 H 45 A 60	41.03%	0.000455	120	09/12/2013	10:33:01	10:35:00	695.10	30.36	46
Am 12 H 60 A 0	36.65%	0.000335	120	11/11/2013	12:37:01	12:39:00	914.63	34.99	28
Am 12 H 60 A 30	31.95%	0.000230	120	11/11/2013	13:02:01	13:04:00	924.23	34.61	28

TRANSMITÂNCIA LUMINOSA

Amostra / ângulo	TL	DP	N. MED	DIA	INICIO	FIM	RAD__EXT	Temp_Ar	UR %
Am 12 H 60 A 60	39.27%	0.000489	120	11/11/2013	13:11:01	13:13:00	918.46	34.98	27
Am 12 P	47.96%	0.001516	120	11/11/2013	12:28:01	12:30:00	1015.15	34.74	29
s/Am H	93.50%	0.030965	120	11/11/2013	10:09:01	10:11:00	911.48	32.66	33
s/Am H	96.43%	0.006452	120	12/11/2013	09:34:01	09:36:00	461.32	29.47	44
s/Am H	101.94%	0.000104	120	28/11/2013	12:52:01	12:54:00	1119.37	31.23	35
s/Am H	111.17%	0.000149	120	29/11/2013	12:12:01	12:14:00	1006.94	29.63	49
s/Am H	104.18%	0.002822	120	04/12/2013	09:34:01	09:36:00	775.33	28.35	54
s/Am H	98.41%	0.000096	120	05/12/2013	09:00:01	09:02:00	740.53	30.36	44
s/Am H	99.71%	0.002153	120	09/12/2013	08:56:01	08:58:00	754.27	28.83	50
s/Am H 30 A 60	99.57%	0.001002	120	11/11/2013	14:31:01	14:33:00	534.19	35.27	28
s/Am H 60 A 75	106.81%	0.000540	120	29/11/2013	15:11:01	15:13:00	901.88	33.49	38
s/Am P	97.67%	0.000000	120	11/11/2013	10:19:01	10:21:00	1003.96	32.96	32
s/Am P	107.65%	0.001688	120	12/11/2013	09:53:01	09:55:00	494.48	29.82	45
s/Am P	96.73%	0.000102	120	28/11/2013	13:01:01	13:03:00	1096.28	31.36	35
s/Am P	96.73%	0.000103	120	29/11/2013	12:19:01	12:21:00	1030.49	29.50	49
s/Am P	99.73%	0.002834	120	04/12/2013	09:40:01	09:42:00	846.26	28.58	53
s/Am P	97.79%	0.000155	120	09/12/2013	09:04:01	09:06:00	999.08	29.14	50
s/Am P	97.76%	0.000097	120	05/12/2013	09:07:01	09:09:00	1009.56	30.70	44
s/Am R1 P	20.36%	0.000284	120	28/11/2013	13:28:01	13:30:00	1147.89	30.07	39