ANTONIO CARLOS DA ROCHA

**Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de
edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias
tradicional e com chapas delgadas estruturadas em
*light steel framing***

São Paulo
2017

ANTONIO CARLOS DA ROCHA

**Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de
edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias
tradicional e com chapas delgadas estruturadas em
*light steel framing***

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Inovação
na Construção Civil

Orientadora: Prof. Dra.
Mercia Maria Bottura de Barros

São Paulo
2017

ANTONIO CARLOS DA ROCHA

**Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de
edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias
tradicional e com chapas delgadas estruturadas em
*light steel framing***

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Inovação
na Construção Civil

Orientadora: Prof. Dra.
Mercia Maria Bottura de Barros

São Paulo
2017

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

da Rocha, Antonio Carlos

Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias tradicional e com chapas delgadas estruturadas em ligth steel framing / A. C. da Rocha -- versão corr. -- São Paulo, 2017.

391 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Fachada tradicional 2.Fachada leve 3.Planejamento de fachadas 4.Custos de fachadas I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Nome: ROCHA, Antonio Carlos da

Título: Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias tradicional e com chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing*

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências na Área de Inovação na Construção Civil

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

*Aos meus pais, Horácio e Eunice, pela base sólida,
pelo hábito da leitura e pelo legado da boa educação.
À minha filha Thamiris Kristine, que acompanha
e incentiva desde o início o meu sonho
em concluir e apresentar este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Mercia Maria Bottura de Barros pela dedicação, orientação, paciência e incentivo durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

À professora Luciana Alves de Oliveira com quem iniciei esta caminhada e pela importante participação no exame de Qualificação

Ao professor Flávio Maranhão pelas críticas e sugestões durante o exame de Qualificação.

Aos meus colegas do meio técnico, engenheiros, arquitetos e profissionais de compras, pela participação nas entrevistas e pelo auxílio na pesquisa dos preços praticados pelo mercado, utilizados para as composições de custos deste trabalho.

Todas as empresas e profissionais que contribuíram com importantes informações sobre a tecnologia em LSF, em especial aos engenheiros: Irineu Prado, João Manuel Portilha, Levi Simões e Marcelo Ayrosa.

Às empresas fornecedores de chapas cimentícias e complementos do sistema construtivo em painéis leves, pelas informações técnicas e de custos da tecnologia, em especial: arq^a Fernanda Nunes, eng^a Maria Thereza de Almeida Castro, Michelle Susan e arq^o William N. Aloise.

À eng^a Ivi Caliope e ao eng^o Vicente Costallat pela atenção e pela oportunidade de acompanhar duas obras que se utilizaram da tecnologia em painéis leves.

Ao eng^o Hylton Olivieri pela troca de informações sobre planejamento de obras.

Ao eng^o Jonas Medeiros pela troca de conhecimentos técnicos sobre a tecnologia em LSF e pelo estudo elaborado para embasamento deste trabalho.

Ao eng^o civil e coronel da reserva do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, Osvaldo Taveiros, pelo auxílio no levantamento de requisitos de desempenho da tecnologia em painéis leves frente às instruções técnicas desta instituição.

À Schahin Engenharia pelo estímulo ao meu aperfeiçoamento profissional e pela oportunidade de participar do programa do Mestrado Profissional Construlnova da Escola Politécnica da USP.

À minha família, aos colegas do mestrado e aos amigos mais próximos pelo apoio recebido durante o desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

A tecnologia construtiva em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* vem sendo introduzida no mercado nacional como uma alternativa para substituir a tecnologia tradicional com vedações externas em alvenaria e revestimentos aderidos, comumente utilizada para execução de fachadas em edifícios de múltiplos pavimentos. Trata-se de uma tecnologia com montagem a seco que traz potenciais benefícios em relação ao método tradicional de produção de fachadas, notadamente em relação a: otimização da logística no canteiro de obra; simplificação dos procedimentos de acompanhamento e controle das etapas executivas; alta produtividade, com potencial redução dos prazos de obra; fácil controle sobre o custo final do serviço; e redução de riscos quanto ao cumprimento dos prazos planejados para o desenvolvimento e conclusão da atividade. O objetivo do presente trabalho é comparar os diferenciais no planejamento da obra e no custo de produção entre essa tecnologia e o método tradicional para execução de fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos, considerando-se um mesmo projeto arquitetônico. Como método para o desenvolvimento do trabalho, adotou-se: pesquisa bibliográfica; entrevistas com profissionais, fabricantes e empresas especializadas na montagem da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*; pesquisa quanto às alternativas disponíveis para o *LSF* e quanto aos custos praticados no mercado nacional para ambas as tecnologias; e acompanhamento de obras em *LSF* visando aprofundar os conhecimentos sobre seu método de execução de fachada. Pela escassa literatura nacional sobre o tema e pelo ainda incipiente conhecimento sobre esta tecnologia no meio técnico e acadêmico, acredita-se que o presente trabalho apresenta informações relevantes para profissionais ou empresas dispostas a inovar na execução desse importante subsistema das edificações, adotando a tecnologia com painéis leves em seus futuros projetos.

Palavras-chave: fachada tradicional, fachada leve, planejamento de fachadas, custos de fachadas.

ABSTRACT

The building technology of light weight external sheets structured in Light Steel Framing (LSF) has been introduced in the domestic market as an alternative to replace traditional exterior masonry and mortar cladding technology commonly used for façade construction in multiple floors buildings. It is a technology with dry assembly that brings potential benefits in relation to the traditional method of façade production, especially in relation to: optimization of the logistics in the construction site; simplification of procedures for monitoring and controlling the executive stages; high productivity, with potential reduction of work deadlines; easier control over the final cost of the service; and reduction of risks regarding compliance with the deadlines planned for the development and completion of the activity. The objective of the present work is to compare the differentials in the planning of the work and the cost of production between this technology and the traditional method for the execution of façades of multiple floors buildings, considering the same architectural design. As a method for the development of the work, it was adopted: bibliographic research; interviews with professionals, manufacturers and companies specializing in the assembly of thin sheet structured in Light Steel Framing (LSF) technology; research on the alternatives available to the light weight external sheets structured in LSF technology and on the costs practiced in the national market for both technologies; follow-up of works in LSF aiming to deepen the knowledge about its method of execution of facade. Due to the scarce national literature on the subject and the still incipient knowledge about this technology in the technical and academic environment, it is believed that the present work presents relevant information for professionals or companies willing to innovate in the execution of this important subsystem of the buildings, adopting the technology with light weight panels for façade production in their future projects.

Keywords: traditional façade, light weight façade, façades planning, cost of façades.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Síntese dos métodos utilizados.....	37
Figura 2– Camadas de estruturação, externa e impermeável da fachada	49
Figura 3– Camada de isolamento da fachada com manta de lã de vidro.....	50
Figura 4– Camada interna da fachada em chapas de gesso acartonado tipo RF.....	50
Figura 5– Painéis montados pelo método embutido em estrutura de concreto.....	52
Figura 6– Painéis montados pelo método embutido em estrutura metálica	52
Figura 7– Painéis montados pelo método contínuo ou cortina.....	53
Figura 8– Perfis inseridos pelo método embutido para a alternativa de estrutura de concreto	54
Figura 9– Fixação do conector na estrutura primária e do perfil montante	54
Figura 10– Estruturação pelo método contínuo.....	55
Figura 11– Elemento de ancoragem direta e perfil montante no método contínuo ...	55
Figura 12– Perfis montante fixados aos elementos de ancoragem direta.....	56
Figura 13– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema Aquapanel® da empresa Knauf	58
Figura 14– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema PROFORT® da empresa PlacLux.....	59
Figura 15– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema DUROCK® NEXT GEN da empresa USG	60
Figura 16– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema de Fachada da empresa BRASILIT Saint-Gobain.....	61
Figura 17- As oito torres do condomínio (A, B, C, D, E, F, G e H) em imagem de satélite.....	62
Figura 18- Implantação geral do condomínio, torres residenciais e fases de entrega	63
Figura 19– Perspectiva artística da fachada de uma das torres residenciais.....	64
Figura 20– Estrutura em concreto armado de duas torres residenciais em execução	65
Figura 21– Vedações verticais externas iniciadas nos pavimentos inferiores	65
Figura 22– Vedações verticais externas concluídas e revestimento externo em argamassa cimentícia em execução	66
Figura 23– Revestimento externo em argamassa cimentícia em execução.....	66
Figura 24– Execução das vedações verticais externas na prumada do elevador cremalheira e esquadrias de alumínio instaladas.....	67
Figura 25– Revestimento externo em argamassa cimentícia concluído	68
Figura 26– Acabamento externo da fachada em textura acrílica	69
Figura 27- Modulação vertical de empenas cegas de alvenaria	70
Figura 28– Modulação vertical das alvenarias externas com esquadrias e aberturas da fachada no projeto executivo de vedações (sem escala).....	71
Figura 29- Elevação genérica das juntas das alvenarias no	71
Figura 30- Indicação em planta baixa de algumas das alvenarias de vedação externas em reprodução parcial do pavimento-tipo da torre residencial (sem escala)	72
Figura 31- Elevação da alvenaria de fachada 01E (sem escala)	73
Figura 32– Componentes cerâmicos (blocos e complementares).....	74
Figura 33– Tela de aço galvanizado e pinos de aço para amarração das alvenarias com os elementos estruturais.....	74

Figura 34– Pino de aço com arruela para fixação da tela galvanizada para amarração das alvenarias com os elementos estruturais	75
Figura 35– Tela em fibra de vidro álcali resistente para reforço no encontro entre as alvenarias e os elementos estruturais	77
Figura 36– Tela em fios de aço galvanizado para reforço no encontro entre as alvenarias e os elementos estruturais	77
Figura 37– Composição de custos unitários para a produção de um metro quadrado de alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto na espessura de 9 cm	91
Figura 38– Composição de custos unitários para produção de um metro quadrado de emboço para parede interna com argamassa mista sem peneirar traço 1:2,	92
Figura 39– Composição de custos unitários para produção de um metro cúbico de argamassa de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2	92
Figura 40– Atividades da etapa de execução das alvenarias e sequência executiva das atividades	96
Figura 41– Estocagem de blocos e peças cerâmicas em subsolo	105
Figura 42– Estocagem de materiais ensacados em subsolo	106
Figura 43– Estocagem de blocos e peças cerâmicas no pavimento-tipo	106
Figura 44– Estocagem de material a granel em baias na área externa	107
Figura 45– Área necessária para estocagem dos principais materiais para produção da fachada de três pavimentos da torre residencial (sem escala)	107
Figura 46– Distribuição dos balancins para execução dos revestimentos externos na fachada da torre residencial (sem escala)	116
Figura 47– Fixação das vigas metálicas dos balancins na laje de cobertura	117
Figura 48– Reforço em cantoneira para desaprumo superior a 1/3 da largura total do perfil guia da estrutura em LSF	127
Figura 49– Atividades da etapa de execução da estruturação em Light Steel Framing (LSF) nos quadros da estrutura primária e sequência executiva das atividades	129
Figura 50– Instalação da membrana impermeável da fachada	131
Figura 51– Tratamento das juntas entre as chapas da camada externa	132
Figura 52– Aplicação do “basecoat” com projeção mecânica e colocação da tela de reforço superficial	132
Figura 53– Estocagem de perfis de aço em área externa	142
Figura 54– Estocagem de ensacados e manta impermeável em área coberta	142
Figura 55– Estocagem de manta isolante em área coberta	143
Figura 56– Estocagem de chapas de gesso acartonado em área coberta	143
Figura 57– Área de estocagem necessária para os principais materiais para produção de três pavimentos-tipos da torre residencial (sem escala)	144
Figura 58– Componentes da fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF em estudo	146
Figura 59– Ilustração esquemática do método de montagem embutido e do posicionamento das camadas da fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF neste método de montagem	147
Figura 60– Indicação dos pilares da periferia do pavimento-tipo	148
Figura 61– Fixação dos perfis guias e montantes nos quadros da	149
Figura 62– Estruturação com perfis tipo CD 60x27x0,5 mm sobre	150
Figura 63– Detalhe da fixação do perfil tipo CD	150
Figura 64– Planta baixa do estudo de fachada em painéis leves elaborado pela empresa Inovatec para o pavimento-tipo da torre residencial (sem escala)	153
Figura 65– Detalhe ampliado da planta baixa com um dos trechos	154

Figura 66– Reprodução parcial da tabela do estudo com as tipologias de paredes da fachada com base no sistema Aquapanel® da empresa Knauf.....	154	
Figura 67- Elevação de um frame da estrutura em Light Steel Framing (LSF) fixada	155	
Figura 68– Banda acústica para a estrutura em Light Steel Framing (LSF) no encontro dos perfis guias e montantes com os elementos estruturais	156	
Figura 69– Elemento de ancoragem direta	Figura 70– Fixação do perfil tipo CD ao	
Figura 71– Perfil U 30x30x0,5mm para fixação das chapas externas e.....	158	
Figura 72- Perfis guias e montantes da estrutura LSF e detalhe ampliado da fixação	159	
Figura 73- Fixação de guia e montante na estrutura da edificação com pinos de aço	159	
Figura 74- União entre o perfil guia e os montantes.....	160	
Figura 75– Fixação do perfil CD ao elemento de ancoragem direta	160	
Figura 76– Aplicação da manta impermeável sobre	162	
Figura 77– Parafuso autobrocante, cabeça flangeada, ponta broca para fixação da membrana impermeável sobre os perfis da camada de estruturação metálica.....	162	
Figura 78– Fita adesiva nas sobreposições	163	
Figura 79– Parafusos autobrocantes, ponta broca, com asas e sem asas	165	
Figura 80– Espaçamento vertical e horizontal entre os parafusos para fixação das chapas externas aos perfis da camada de estruturação da fachada	166	
Figura 81– Distância entre os parafusos de fixação e as bordas das chapas externas	166	
Figura 82– Junta entre duas chapas externas tratada com tela de reforço em malha de fibra de vidro e massa de base cimentícia	167	
Figura 83– Tratamento das juntas entre as chapas externas indicado	167	
Figura 84– Aplicação da tela de reforço superficial e da massa de acabamento....	169	
Figura 85– Aplicação da tela de reforço nos vértices das aberturas das fachadas.	170	
Figura 86– Perfil em PVC 90º com tela de fibra de vidro incorporada para reforço e proteção de cantos externos da camada externa da fachada.....	171	
Figura 87– Perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada (1 e 2),	171	
Figura 88– Perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada (1, 2, 3 e 4) formando a junta de dilatação horizontal utilizada na camada externa da fachada	172	
Figura 89– Perfil em PVC 90º com tela de fibra de vidro incorporada	173	
Figura 90– Perfil em PVC 90º com tela de fibra de vidro incorporada	173	
Figura 91– Perfis em PVC tipo pingadeira para arremate e proteção dos rodapés	174	
Figura 92– Perfis em PVC para junta de dilatação horizontal (sem escala).....	174	
Figura 93– Manta isolante instalada entre as guias e os montantes da estrutura...	175	
Figura 94– Camada interna de fachada com chapas de gesso acartonado fixadas sobre as estruturas em Light Steel Framing (LSF)	176	
Figura 95- Chapa tipo ST	Figura 96- Chapa tipo RU	Figura 97- Chapa tipo RF
Figura 98– Parafuso cabeça trombeta e ponta broca, recomendado para a fixação	177	
Figura 99– Aplicação das chapas de gesso acartonado,	179	
Figura 100– Tratamento das juntas entre chapas de gesso acartonado com papel microperfurado e massa pronta para rejunte e acabamento	179	
Figura 101– Fitas de papel perfurado para tratamento das juntas entre as	180	

Figura 102- Distribuição dos balancins elétricos para execução da camada externa	197
Figura 103- Divisão das fachadas em setores para o levantamento da área total de fachada	249
Figura 104- Área interna e trecho em pilotis.....	250
Figura 105- Alvenarias de vedação que compões as fachadas	254
Figura 106- Elevação da alvenaria 01 (sem escala).....	255
Figura 107- Elevações das alvenarias 02 e 03 (sem escala)	255
Figura 108- Elevação da alvenaria 04 (sem escala).....	255
Figura 109- Elevações das alvenarias 05 e 06 (sem escala)	256
Figura 110- Elevação da alvenaria 08 (sem escala).....	256
Figura 111- Quantidade de componentes para execução das alvenarias 01, 02, 03 e 04	257
Figura 112- Quantidade de componentes para execução das alvenarias 05, 06 e 08	257
Figura 113- Telas galvanizadas, pinos e argamassa industrializada para chapisco	260
Figura 114- Contraverga em bloco cerâmico tipo canaleta preenchido com graute	260
Figura 115- Detalhes das telas de reforço horizontal e vertical para as	270
Figura 116- Fixação dos perfis guias e montantes nos quadros da	290
Figura 117- Pilares da periferia que compõem a superfície da fachada.....	291
Figura 118- Fixação dos perfis tipo CD 60x27x0,5 mm sobre	291
Figura 119- Detalhe da fixação do perfil tipo CD	292
Figura 120- Elevação típica de um frame de estrutura em Light Steel Framing (LSF) fixada.....	292
Figura 121- Perfis U para fixação das chapas e para enrijecimento	293
Figura 122- Planta baixa do pavimento-tipo com a solução estrutural em lajes planas protendidas sem viga de borda e indicação das estruturas em Light Steel Framing (LSF) deste pavimento (sem escala).....	294
Figura 123- Estruturas LSF das elevações 1 e 2 (sem escala)	295
Figura 124- Estruturas LSF das elevações 3 e 4 (sem escala)	295
Figura 125- Estruturas LSF das elevações 5 e 6 (sem escala)	295
Figura 126- Detalhe em corte de platibanda estruturada em LSF em cobertura	300
Figura 127- Estrutura auxiliar em tubos de aço galvanizado e	301
Figura 128- Detalhe em planta da estruturação metálica aplicada sobre um dos pilares de concreto do projeto em estudo	303
Figura 129- Indicação da fixação de perfil tipo guia no estudo (sem escala)	311
Figura 130- Reforço com tela e massa de proteção e acabamento	328
Figura 131- Perfis tipo pingadeira para arremate e proteção da borda inferior das chapas externas ao nível do pavimento térreo.....	331
Figura 132- Detalhe da região da junta de dilatação horizontal do sistema	333
Figura 133- Selagem corta-fogo nos pavimentos	343
Figura 134- Solução estrutural	364
Figura 135- Solução estrutural	364
Figura 136- Shopping Vila Olímpia – vista interna da fachada em execução	371
Figura 137- Shopping Vila Olímpia – vista externa da fachada em execução	371
Figura 138- Shopping Vila Olímpia – textura acrílica externa aplicada	372
Figura 139- Salvador Shopping – etapa de tratamento das juntas externas	372

Figura 140– Salvador Shopping – vista externa da fachada com as chapas internas instaladas	373
Figura 141– Salvador Shopping – textura acrílica de acabamento aplicada	373
Figura 142– Sesc Belenzinho – chapas externas instaladas e com as juntas tratadas	374
Figura 143- Sesc Belenzinho – aspecto final da fachada com acabamento em painéis de alumínio composto (ACM).....	374
Figura 144- Hospital Albert Einstein - acabamento das	375
Figura 145- Hospital Albert Einstein - acabamento das	375
Figura 146- Caixa Econômica Federal Tupinambás BH – trecho da fachada original	376
Figura 147- Caixa Econômica Federal Tupinambás BH - retrofit da fachada	376
Figura 148- Caixa Econômica Federal Tupinambás - aspecto final da fachada.....	377
Figura 149– Planta baixa do edifício (sem escala).....	378
Figura 150– Perspectiva artística da fachada	378
Figura 151– Composição do sistema EIFS	379
Figura 152– Montagem da estrutura dos painéis em LSF.....	379
Figura 153- Fixação das chapas com núcleo de gesso revestido com fibra de vidro reforçada sobre a estrutura em LSF.....	380
Figura 154– Tratamento das juntas e impermeabilização	380
Figura 155- Colagem e nivelamento da camada de EPS.....	380
Figura 156– Aplicação da fibra de vidro e camada primer	381
Figura 157– Aplicação da textura acrílica na fábrica.....	381
Figura 158– Lçamento do painel	382
Figura 159– Posicionamento do painel	382
Figura 160– Fixação do painel	382
Figura 161– Face interna e fachada.....	383
Figura 162– Vista dos quatro blocos residenciais	385
Figura 163– Perspectiva artística da fachada dos blocos residenciais	385
Figura 164– Composição do sistema Aquapanel utilizado na obra	386
Figura 165– Camada de estruturação em LSF – vista externa e interna	387
Figura 166– Montagem da fachada com andaimes fachadeiros.....	387
Figura 167– Camada impermeável da fachada.....	388
Figura 168– Chapas cimentícias da camada externa – vista externa e interna	388
Figura 169– Camada interna com chapas em OSB e gesso acartonado.....	388

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Diagrama de Gantt das etapas de produção de fachada com a tecnologia tradicional	100
Gráfico 2– Diagrama de linhas de balanço (LOB) com o planejamento das atividades de produção de fachada pelo processo tradicional	101
Gráfico 3– Participação das etapas e atividades de produção na composição do custo total da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional.....	124
Gráfico 4– Diagrama de Gantt das etapas de produção de fachada com a tecnologia em chapas leves estruturadas em LSF	135
Gráfico 5– Diagrama de linhas de balanço (LOB) com o planejamento das atividades de produção de fachada pela tecnologia de chapas delgadas estruturadas em LSF	137
Gráfico 6– Participação das etapas e atividades de produção na composição do custo total da fachada da torre residencial com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF	202

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Equivalência entre as atividades das etapas executivas da fachada tradicional e da fachada em painéis leves com chapas delgadas estruturadas em LSF.....	43
Quadro 2- Prazos reais de início e término das fases de entrega.....	63
Quadro 3– Componentes para execução das vedações verticais externas do empreendimento	73
Quadro 4– Materiais e componentes para execução dos revestimentos externos de fachada	76
Quadro 5– Materiais e componentes para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada	78
Quadro 6 – Datas reais de início e término da estrutura de concreto armado para cada torre residencial do condomínio.....	80
Quadro 7– Datas reais de início e término das vedações verticais externas e chumbamento de contramarcos em alumínio para cada torre residencial do condomínio.....	81
Quadro 8– Datas reais de início e término dos revestimentos externos	81
Quadro 9– Datas reais de início e término dos revestimentos e acabamentos das superfícies verticais internas das paredes da fachada para cada torre residencial do condomínio.....	82
Quadro 10– Prazos reais em dias corridos e em meses para execução das etapas e das fachadas, área total de fachada do 1º pavimento ao nível da cobertura do 25º pavimento e produção média em superfície de fachada executada por mês.....	83
Quadro 11– Área real global de construção e área real privativa global do empreendimento, segundo a norma ABNT 12721:2006 Versão Corrigida 2:2007....	84
Quadro 12– Custo global real para execução do empreendimento	85
Quadro 13– Custos unitários de construção do empreendimento.....	85
Quadro 14– Colunas de uma composição de custos unitários.....	91
Quadro 15– Atividades da etapa de execução das vedações verticais externas.....	95
Quadro 16– Atividades da etapa de execução dos revestimentos externos na fachada	97
Quadro 17– Atividades da etapa de execução dos revestimentos e acabamentos internos nas paredes da fachada	98
Quadro 18– Atividades da etapa de execução do acabamento da fachada com aplicação de textura acrílica	99
Quadro 19– Quantidade de etapas, sub-etapas e atividades no processo tradicional de produção de fachada.....	99
Quadro 20– Índices de produtividade e consumo total estimado de Hh para as atividades de produção da fachada pelo processo tradicional	103
Quadro 21- Quantidade total de insumos para execução da fachada.....	104
Quadro 22– Quantidades estimadas de fretes para entrega dos materiais no canteiro e subidas de guincho cremalheira para transporte dos principais materiais até os locais de produção da torre residencial.....	108
Quadro 23– Composição de custos unitários dos blocos e peças cerâmicas complementares das alvenarias de vedação externas (base: dez/16).....	110

Quadro 24– Composição de custos unitários das telas e pinos de aço para amarração das alvenarias de vedação com os elementos estruturais (base: dez/16)	110
Quadro 25– Composição de custos unitários do graute para contravergas e das argamassas para fixação das alvenarias e assentamento dos blocos cerâmicos (base: dez/16)	110
Quadro 26– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para.....	111
Quadro 27– Composição de custos unitários dos materiais para execução dos revestimentos externos em argamassa na fachada (base: dez/16)	111
Quadro 28– Composição de custos unitários de mão de obra para execução dos revestimentos externos em argamassa na fachada (base: dez/16)	112
Quadro 29– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução de serviços complementares e aplicação de textura acrílica na fachada (base: dez/16)	112
Quadro 30– Composição de custos unitários das esquadrias de alumínio da fachada	113
Quadro 31– Composição de custos unitários dos vidros da fachada (base: dez/16)	113
Quadro 32– Composição de custos unitários dos materiais para execução dos revestimentos e acabamentos internos das paredes da fachada (base: dez/16)....	114
Quadro 33– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos das paredes da fachada (base: dez/16).....	114
Quadro 34– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução dos acabamentos internos das paredes da fachada (base: dez/16).....	115
Quadro 35– Custo total com a locação de balancins do tipo leve para execução dos revestimentos externos da fachada (base: dez/16).....	117
Quadro 36– Custos com locação de misturadores e sistema de projeção de argamassa (base: dez/16).....	118
Quadro 37– Quantidades totais de argamassas cimentícias para execução da fachada de acordo com os quantitativos calculados no Apêndice C.....	119
Quadro 38– Quantidade total de gesso em pó para o revestimento interno em pasta de gesso.....	119
Quadro 39– Consumo de água para ao preparo de argamassas cimentícias e pasta de gesso indicados pelos fabricantes dos produtos.....	120
Quadro 40– Volume total de água para preparo das argamassas cimentícias.....	120
Quadro 41– Composição do custo unitário para a instalação.....	121
Quadro 42– Custo total para execução da fachada da torre residencial.....	122
Quadro 43– Participação dos tipos de insumos no custo total para execução da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional.....	124
Quadro 44– Participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento pela tecnologia tradicional no custo total para execução do empreendimento (base: dez/16).....	125
Quadro 45– Atividades da etapa de estruturação da fachada com início da etapa após a conclusão da estrutura primária da edificação.....	128
Quadro 46– Atividades das etapas de execução das camadas impermeável e externa e da selagem corta-fogo da fachada.....	130
Quadro 47– Atividades das etapas de execução das camadas isolante e interna da fachada.....	133
Quadro 48– Atividades das etapas de execução dos acabamentos externos e internos e fixação das esquadrias de alumínio da fachada.....	134

Quadro 49– Quantidade de etapas, sub-etapas e atividades da produção de fachada com a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em LSF	134
Quadro 50– Índices de produtividade apurados para estimar o consumo de recursos de mão de obra com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF	138
Quadro 51– Índices de produtividade e consumo total estimado de Hh para as atividades de produção da fachada pelo processo com chapas delgadas estruturadas em LSF	139
Quadro 52– Composição das equipes de execução das etapas da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada	140
Quadro 53– Quantidade total de insumos para execução da fachada com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF	141
Quadro 54– Quantidades estimadas de fretes para entrega dos materiais no canteiro e subidas de guincho cremalheira para transporte dos principais materiais até os locais de produção da torre residencial	144
Quadro 55– Etapas propostas pelos fabricantes de chapas externas para execução da camada externa da fachada	147
Quadro 56– Premissas básicas para o dimensionamento das estruturas em Light Steel Framing (LSF) e opções de estruturação apresentadas pelo projetista	151
Quadro 57– Composição da estruturação em Light Steel Framing (LSF)	152
Quadro 58– Perfis de aço para as estruturas em Light Steel Framing (LSF) do estudo	155
Quadro 59– Detalhes construtivos das estruturas em Light Steel Framing (LSF) do estudo	156
Quadro 60– Componentes da camada de estruturação do projeto em estudo	161
Quadro 61– Fabricantes e características das chapas externas disponíveis no mercado nacional, indicadas para a camada externa de fachadas	163
Quadro 62– Parafusos recomendados pelos fabricantes para a fixação das	165
Quadro 63– Telas, massas e complementos indicados pelos fabricantes de chapas externas para tratamento das juntas entre as chapas	168
Quadro 64– Telas de reforço superficial e massas para proteção e acabamento dos sistemas indicados pelos fabricantes de chapas externas	169
Quadro 65– Tipologias de camada interna da fachada de acordo com a forma de execução e o ambiente interno da edificação	177
Quadro 66– Parafusos recomendados pela empresa Knauf para fixação de duas chapas de gesso acartonado 15 mm sobre os perfis de aço das estruturas em	178
Quadro 67– Comparativo dos consumos de materiais e serviços entre as duas soluções	182
Quadro 68– Composição de custos unitários de perfis de aço, tubos galvanizados e elementos de ancoragem direta para a camada de estruturação da fachada	185
Quadro 69– Composição de custos unitários dos elementos de fixação dos perfis guias e montantes da camada de estruturação da fachada na estrutura de concreto	185
Quadro 70– Composição de custos unitários da banda acústica colocada sob os perfis guias e montantes das estruturas em LSF da camada de estruturação da fachada	185
Quadro 71– Composição de custos unitários dos parafusos para a união dos perfis guias e montantes das estruturas em LSF e para fixação dos perfis tipo CD nos elementos de ancoragem direta da camada de estruturação da fachada	186
Quadro 72– Composição de custos unitários da camada impermeável da fachada	186

Quadro 73– Composição de custos unitários dos parafusos para a fixação das chapas da camada externa da fachada nos perfis da camada de estruturação da fachada	187
Quadro 74– Composição de custos unitários das chapas cimentícias.....	187
Quadro 75– Composição de custos unitários das telas de reforço e massa de base cimentícia para o tratamento das juntas entre as chapas da camada externa da fachada	187
Quadro 76– Composição de custos unitários das telas de reforço superficial e	188
Quadro 77– Composição de custos unitários das telas de reforço nos vértices de esquadrias e aberturas da camada externa da fachada	188
Quadro 78– Composição de custos unitários dos perfis em PVC para reforço de cantos a 90º, pingadeiras e juntas de dilatação da camada externa da fachada	188
Quadro 79– Composição de custos unitários da manta mineral	189
Quadro 80– Composição de custos unitários das chapas de gesso acartonado da	189
Quadro 81– Composição de custos unitários da massa para colagem, massa para tratamento das juntas, fitas para tratamento das juntas e reforço de cantos e parafusos para fixação das chapas de gesso acartonado da camada interna da fachada	190
Quadro 82– Composição de custos unitários de rodapé metálico para impermeabilização na camada interna da fachada	190
Quadro 83– Composição de custos unitários da selagem corta-fogo da fachada ..	191
Quadro 84– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada de estruturação da fachada.....	191
Quadro 85– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada impermeável da fachada	192
Quadro 86– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada externa da fachada.....	192
Quadro 87– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada de isolamento da fachada	193
Quadro 88– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada interna da fachada.....	193
Quadro 89– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução de serviços complementares e aplicação de textura acrílica na fachada	194
Quadro 90– Composição de custos unitários dos materiais para execução dos acabamentos da camada interna da fachada	194
Quadro 91– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução dos acabamentos da camada interna da fachada	194
Quadro 92– Composição de custos unitários das esquadrias de alumínio da fachada	195
Quadro 93– Composição de custos unitários dos vidros da fachada.....	195
Quadro 94– Custo total com a locação de balancins elétricos para execução da ..	198
Quadro 95– Custo total para execução da fachada da torre residencial com	199
Quadro 96– Custos dos materiais do sistema Aquapanel® da Knauf.....	203
Quadro 97– Custos da mão de obra para execução do sistema Aquapanel®.....	203
Quadro 98– Participação dos tipos de insumos no custo total para execução da fachada da torre residencial	203
Quadro 99– Participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento no custo total para execução do empreendimento	204

Quadro 100– Comparativo entre as definições na fase de projeto para a adoção de cada tecnologia para produção de fachada	205
Quadro 101– Comparativo entre as quantidades de etapas, sub-etapas e atividades das sub-etapas para produção de fachada com as duas tecnologias.....	207
Quadro 102– Comparativo entre os prazos para conclusão da torre residencial com as duas tecnologias.....	208
Quadro 103– Comparativo entre a produtividade e utilização de recursos de mão de obra conclusão da torre residencial com as duas tecnologias	209
Quadro 104– Comparativo entre a quantidade de insumos utilizados para produção de fachada com as duas tecnologias	210
Quadro 105– Comparativo entre áreas de estocagem no canteiro, fretes para entrega dos principais materiais no canteiro e quantidade de transportes verticais para produção da fachada com as duas tecnologias	211
Quadro 106– Comparativo entre as quantidades de equipamentos utilizados na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias	212
Quadro 107– Comparativo entre as quantidades de equipamentos utilizados na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (base: dez/16)	213
Quadro 108– Área de revestimento em pilares e shafts	251
Quadro 109– Perímetro externo, quantidade e áreas de esquadrias e aberturas...	251
Quadro 110– Área total de fachada e área de panos da fachada da torre residencial	252
Quadro 111– Área total de materiais (blocos cerâmicos e juntas) das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial.....	257
Quadro 112– Quantidade total de peças cerâmicas para execução das alvenarias	258
Quadro 113– Coeficientes de consumo de peças cerâmicas por área de alvenarias	259
Quadro 114– Quantidade total de telas e pinos para execução das alvenarias.....	261
Quadro 115– Quantidade total de argamassa industrializada para chapisco para fixação lateral das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial.....	261
Quadro 116– Quantidade total de graute usinado para execução das alvenarias ..	261
Quadro 117– Quantidade total de argamassa de assentamento dos blocos	262
Quadro 118– Quantidade total de argamassa expansiva para fixação das alvenarias	262
Quadro 119– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias	263
Quadro 120– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias	263
Quadro 121– Área total de vedos em alvenarias das elevações.....	264
Quadro 122– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas do.....	264
Quadro 123– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas do.....	265
Quadro 124– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas da.....	265
Quadro 125– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas e consumos unitários dos componentes por área total de fachadas da torre residencial	266
Quadro 126– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação da torre residencial e consumo unitário do serviços por.....	268
Quadro 127– Composição da área total de fachada da torre residencial.....	269

Quadro 128– Materiais necessários para execução dos.....	270
Quadro 129– Quantidade total de telas de reforço para as fachadas da torre residencial	271
Quadro 130– Chapisco para parede externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3 e adesivo base PVA, e=5 mm – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento.....	271
Quadro 131– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos externos sobre as superfícies em alvenarias de vedação da torre residencial.....	273
Quadro 132– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos externos sobre as superfícies em concreto da torre residencial.....	273
Quadro 133– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos externos	274
Quadro 134– Resumo da mão de obra empreitada para os revestimentos externos e tratamento de frisos na fachada da torre residencial.....	276
Quadro 135– Quantidade de mão de obra empreitada para aplicação do acabamento em textura acrílica na fachada da torre residencial	277
Quadro 136– Resumo da mão de obra empreitada para os revestimentos externos e tratamento de frisos das fachadas da torre residencial	278
Quadro 137– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução de serviços complementares, aplicação de textura acrílica e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial	278
Quadro 138– Quantidade total de esquadrias de alumínio e vidros da fachada	279
Quadro 139– Chapisco para parede interna com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e=5 mm – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento.....	280
Quadro 140– Chapisco rolado com mistura de cimento, areia e adesivo	281
Quadro 141– Cerâmica em placas 20 x 30 cm, assentada com argamassa colante industrializada e rejuntamento com rejunte cimentício industrializado – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento	282
Quadro 142– Área de revestimento sobre as superfícies verticais internas da fachada	282
Quadro 143– Área das superfícies verticais internas da fachada dos pavimentos que receberão revestimento interno integral em argamassa	283
Quadro 144– Área das superfícies verticais internas da fachada dos pavimentos que receberão revestimento interno em argamassa (áreas molhadas)	283
Quadro 145- Quantidade total de componentes das argamasss cimentícias para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial	284
Quadro 146- Quantidade total de componentes das argamasss cimentícias para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial	284
Quadro 147– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos internos	285
Quadro 148– Área total de mão de obra empreitada para revestimento em massa de gesso nas superfícies verticais internas da fachada da torre residencial.....	285
Quadro 149– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial	286

Quadro 150– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos acabamentos internos das superfícies verticais internas da fachada e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial	287
Quadro 151– Perdas adotadas nos levantamentos de quantidades de materiais e componentes do apêndice	288
Quadro 152– Participação dos pavimentos na área total de fachada da torre residencial	294
Quadro 153– Área total de cada elevação e área total de estruturas LSF.....	296
Quadro 154- Quantidade total de perfis largura 140 mm para o pavimento-tipo.....	296
Quadro 155- Quantidade total de perfis largura 200 mm para o pavimento-tipo.....	297
Quadro 156– Quantidade total de perfis para o pavimento-tipo	297
Quadro 157– Consumo unitário de perfis por área total de estrutura metálica LSF	298
Quadro 158– Área total de cada elevação e área total de estrutura LSF	298
Quadro 159– Quantidade total estimada de perfis para as estruturas LSF.....	299
Quadro 160– Quantidades totais estimadas de perfis e tubos para a estruturação da platibanda da cobertura.....	302
Quadro 161– Quantidade de perfil tipo CD para o pavimento-tipo e	304
Quadro 162– Quantidade total de elementos de ancoragem direta para	304
Quadro 163– Quantidade de perfil tipo U para o pavimento-tipo e	305
Quadro 164– Comprimento e área de revestimento sobre pilares e fechamento ...	306
Quadro 165– Quantidade estimada de perfil tipo CD e elementos de ancoragem direta para a estruturação sobre concreto nos pilares do pavimento térreo.....	307
Quadro 166– Quantidade estimada de perfil tipo U para enrijecimento e fixação...	307
Quadro 167– Quantidade estimada de montantes de 90 mm para estruturação	307
Quadro 168– Quantidade estimada de guias de 90 mm para estruturação	308
Quadro 169– Quantidade total de perfis para as estruturas LSF da torre residencial	308
Quadro 170– Total de perfis complementares e elementos de ancoragem direta para a estruturação sobre as superfícies de concreto e tubos de aço galvanizado para a estrutura auxiliar da platibanda ao nível da cobertura da torre residencial	309
Quadro 171– Consumo unitário de perfis, tubos galvanizados e elementos de ancoragem direta para a camada de estruturação por área total de fachada da torre residencial	309
Quadro 172- Pesos unitários dos perfis estruturais para Light Steel Framing (LSF)	310
Quadro 173- Peso total de cada perfil LSF e pesos unitários dos perfis LSF por ...	310
Quadro 174- Comprimento de perfis guias e perfis montantes fixados na.....	312
Quadro 175– Consumo médio de elementos de fixações por comprimento de	312
Quadro 176- Consumo total dos elementos de fixação de guias e montantes e.....	312
Quadro 177– Quantidade total de elementos de fixação dos perfis montante e guia	313
Quadro 178– Quantidade total de elementos de fixação de guias e montantes	313
Quadro 179– Quantidade total de elementos de fixação para instalação	314
Quadro 180– Consumo unitário de elementos de fixação dos perfis guias e montantes por área total de fachada da torre residencial	314
Quadro 181- Quantidade total de banda acústica para os vinte e cinco pavimentos-tipos.....	315
Quadro 182- Quantidade total de banda acústica para o pavimento térreo	315
Quadro 183- Quantidade total de banda acústica para a torre residencial	316

Quadro 184- Quantidade de parafusos para a união entre os perfis guias e montantes.....	317
Quadro 185– Quantidade total de parafusos para as estruturas LSF	317
Quadro 186– Quantidade total de parafusos para as estruturas LSF	318
Quadro 187– Quantidade total de parafusos para fixação dos perfis tipo CD.....	318
Quadro 188- Quantidade total de parafusos para as estruturas metálicas da	319
Quadro 189- Consumos médios de membrana impermeável por área de fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada em painéis leves.....	319
Quadro 190– Quantidade total de membrana impermeável.....	320
Quadro 191– Quantidade total de parafusos para fixação da membrana impermeável	321
Quadro 192– Quantidade total de fita adesiva na sobreposição entre membranas impermeáveis e consumo unitário por área total de fachadas da torre residencial ..	322
Quadro 193– Parafusos recomendados pelos fabricantes para a fixação das	322
Quadro 194- Quantidade média de parafusos para fixação das chapas externas ..	323
Quadro 195– Quantidade total de parafusos para fixação das chapas externas	324
Quadro 196- Consumo médio de painéis externos por área de fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada com painéis leves	324
Quadro 197– Quantidade total de chapas externas e consumo unitário por área total de fachada da torre residencial	325
Quadro 198- Consumo médio de fitas de reforço e massa para tratamento de juntas entre as chapas externas por área de painéis de fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada em chapas delgadas	325
Quadro 199– Quantidade total de fita e massa para tratamento de juntas	326
Quadro 200- Consumo médio de malha superficial e massa de proteção e acabamento.....	327
Quadro 201– Quantidade total de malha de reforço superficial e massa de acabamento.....	327
Quadro 202– Quantidade total de tela para reforço em aberturas da fachada	328
Quadro 203– Quantidade total de perfil de PVC com tela de fibra de vidro incorporada	329
Quadro 204– Quantidade total de perfil de PVC com tela de fibra de vidro incorporada para cantos internos e consumo unitário de perfil por área total de fachada	330
Quadro 205– Quantidade total de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo pingadeira e consumo unitário dos perfis por área total de fachada da torre residencial.....	331
Quadro 206– Quantidade total de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo junta de dilatação horizontal e consumo unitário de perfis por	332
Quadro 207– Quantidade total de perfil CD 60x27 mm para a região da junta de dilatação horizontal e consumo de perfil por área total de fachada.....	333
Quadro 208– Quantidade total de elementos de ancoragem direta para a região da junta de dilatação horizontal e consumo deste elemento por área total de fachada	334
Quadro 209– Quantidade de elementos de ancoragem direta na região da junta de dilatação horizontal e consumo deste elemento por área total de fachada.....	334
Quadro 210– Consumo total e unitário de manta isolante	334

Quadro 211– Composição da camada interna de acordo com a superfície a receber as chapas de gesso acartonado e o tipo de ambiente interno nos pavimentos	335
Quadro 212– Perímetro interno da camada interna dos pavimentos, separado em trechos com estruturas LSF e trechos com pilares de concreto – áreas internas secas e molhadas	336
Quadro 213– Área total de esquadrias e aberturas na fachada dos pavimentos	337
Quadro 214– Área total de cada composição de camada interna e área total de chapas de gesso acartonado para a torre residencial.....	337
Quadro 215– Quantidade total de chapas de gesso acartonado para a torre residencial	338
Quadro 216– Consumo unitário de chapas de gesso acartonado da camada interna	339
Quadro 217– Consumos unitários de chapas, parafusos, fita e massa para	339
Quadro 218– Quantidades totais de parafusos, massa para colagem, fita e massa para rejunte e acabamento das peles internas e consumo unitários dos componentes	340
Quadro 219– Consumo unitário de rodapé metálico em paredes ou revestimentos	341
Quadro 220– Quantidade total de mão de obra empreitada por composição de camada interna e consumo unitário do serviços por área total de fachada da torre residencial	341
Quadro 221– Quantidades totais de materiais e mão de obra empreitada para execução dos acabamentos na camada interna da fachada e coeficientes de consumo.....	342
Quadro 222– Quantidade total de selagem corta-fogo e consumo unitário	344
Quadro 223– Preços unitários de blocos e peças cerâmicas para alvenarias de vedação.....	345
Quadro 224– Preços unitários de telas galvanizadas e pinos de aço	346
Quadro 225– Preços unitários de mão de obra empreitada para execução	346
Quadro 226– Preços unitários de cimento, areia e adesivo base PVA	347
Quadro 227– Preços unitários de argamassas cimentícias para os.....	347
Quadro 228– Preços unitários de tela de reforço e impermeabilizante de frisos.....	347
Quadro 229– Preços unitários de mão de obra empreitada para execução	348
Quadro 230– Preços unitários de esquadrias de alumínio e vidros da fachada.....	348
Quadro 231– Preços unitários de cimento, areia e adesivo para argamassas	349
Quadro 232– Preços unitários de argamassas cimentícias para.....	349
Quadro 233– Preços unitários de mão de obra empreitada para execução	350
Quadro 234– Preço unitário de empreitada para execução dos revestimentos internos	350
Quadro 235– Preço unitário de placas cerâmicas para revestimento interno	350
Quadro 236– Preço unitário de empreitada para pinturas sobre as superfícies verticais internas da fachada.....	351
Quadro 237– Preços unitários dos perfis e peças complementares para a camada de estruturação da fachada.....	352
Quadro 238– Preços unitários de parafusos com buchas para fixação dos perfis metálicos	353
Quadro 239– Preço unitário da banda acústica para perfis guias e montantes	353
Quadro 240– Preços unitário dos parafusos para união dos perfis guias e montantes das estruturas LSF e fixação dos perfis CD nos elementos de ancoragem direta ..	353
Quadro 241– Preço unitário da membrana impermeável.....	354

Quadro 242– Preços unitários de argamassas cimentícias para.....	354
Quadro 243– Preços unitários de chapas externas para fachada.....	354
Quadro 244– Preço unitário dos parafusos para fixação das chapas externas sobre as estruturas metálicas	355
Quadro 245– Preços unitários das fitas para tratamento de juntas entre as chapas externas	355
Quadro 246– Preços unitários das massas e cordão delimitador para tratamento de juntas.....	355
Quadro 247– Preços unitários das malhas de reforço superficial	356
Quadro 248– Preços unitários das massas para acabamento superficial.....	356
Quadro 249– Preços unitários dos perfis de PVC com tela de fibra de vidro incorporada para juntas de dilatação, pingadeira e proteção de cantos	357
Quadro 250– Preço unitário da manta isolante	357
Quadro 251– Preços unitários de chapas de gesso acartonado	358
Quadro 252– Preços unitários dos parafusos para fixação das	358
Quadro 253– Preços unitários de fitas de papel perfurado, massa para colagem de chapas de gesso acartonado e massa para tratamento e acabamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado e dos cantos vivos internos	358
Quadro 254– Preço unitário do rodapé metálico para gesso acartonado	359
Quadro 255– Preço unitário de mão de obra empreitada para montagem das estruturas LSF e estruturas fixadas sobre concreto por área total de estrutura executada.....	359
Quadro 256– Preço unitário de mão de obra empreitada para fixação da membrana impermeável sobre as estruturas metálicas por área total de estrutura executada.....	359
Quadro 257– Preço unitário de mão de obra empreitada para fixação das chapas externas, tratamento das juntas entre as chapas, colocação dos perfis de PVC e aplicação e acabamento da camada de massa sobre as chapas externas	360
Quadro 258– Preço unitário de mão de obra empreitada para colocação da manta isolante entre os montantes das estruturas LSF por área total de estrutura LSF executada.....	360
Quadro 259– Preço unitário de mão de obra empreitada para fixação das chapas internas sobre as estruturas metálicas, colagem das chapas internas sobre superfícies de concreto e tratamento e acabamento das juntas entre as chapas internas	360
Quadro 260– Preços unitários de esquadrias de alumínio e vidros da fachada.....	361
Quadro 261– Preços unitários mão de obra empreitada para execução de serviços complementares e acabamentos externos na camada externa da fachada	361
Quadro 262– Preços unitários de materiais e mão de obra empreitada para aplicação dos revestimento cerâmicos na camada interna da fachada	362
Quadro 263– Preços unitários de empreitada para aplicação de pintura.....	362
Quadro 264– Preço unitário de serviço de selagem corta-fogo da fachada	362
Quadro 265- Área total estruturada e consumos de materiais e serviços para o pavimento-tipo na solução com lajes planas protendidas sem vigas de borda	365
Quadro 266– Consumos de materiais e serviços e índices estruturais médios do pavimento-tipo na solução com lajes planas protendidas sem vigas de borda	365
Quadro 267- Área total estruturada da torre residencial	366
Quadro 268– Quantidade total de materiais e serviços para execução	366
Quadro 269- Área estruturada e consumos de materiais e serviços para o pavimento-tipo.....	367

Quadro 270- Área estruturada e consumos de materiais e serviços para a laje de cobertura na solução convencional com lajes com vigas de borda.....	367
Quadro 271– Quantidade total de materiais e índices estruturais da estrutura em concreto armado convencional da torre residencial com lajes maciças e vigas de borda	368
Quadro 272– Síntese de cinco casos reais de obras executadas com	369
Quadro 273– Custos da fachada com o sistema EIFS e caixilhos (base: dez/14) ..	384
Quadro 274– Produtividade das etapas no Bloco 1 do empreendimento	389
Quadro 275– Produtividade das etapas no Bloco 3 do empreendimento	389
Quadro 276– Produtividade na execução das fachadas em painéis leves – Blocos 1 e 3	390
Quadro 277– Custos das fachadas em painéis leves dos Blocos 1 e 3 (base: jun/14)	391

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO.....	30
1.1. CONTEXTO	30
1.2. OBJETIVO	35
1.3. JUSTIFICATIVAS PARA A ELABORAÇÃO DO TRABALHO.....	35
1.4. MÉTODOS.....	36
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	40

CAPÍTULO 2

2. FACHADAS DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS	41
2.1. TECNOLOGIA TRADICIONAL DE PRODUÇÃO DE FACHADAS.....	44
2.2. FACHADAS EM PAINÉIS LEVES COM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM <i>LIGHT STEEL FRAMING (LSF)</i>	46
2.2.1. Introdução	46
2.2.2. Caracterização das camadas da fachada e de suas funções.....	49
2.2.3. Métodos de montagem da tecnologia.....	51
2.2.4. Componentes da tecnologia.....	57

CAPÍTULO 3

3. EMPREENDIMENTO PARA O ESTUDO DAS TECNOLOGIAS DE FACHADA.....	62
3.1. INTRODUÇÃO	62
3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DO EMPREENDIMENTO EXECUTADAS COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL	64
3.2.1. Projeto executivo de vedações.....	70
3.2.2. Componentes das vedações verticais externas	73
3.3. REVESTIMENTOS ADERIDOS E ACABAMENTOS	75
3.3.1. Revestimentos externos.....	75
3.3.2. Revestimentos internos das fachadas.....	77
3.3.3. Acabamentos	79
3.3.4. Esquadrias de alumínio e vidros	79
3.4. PRAZOS REAIS PARA EXECUÇÃO DAS FACHADAS DO EMPREENDIMENTO	79
3.5. ÁREAS CONSTRUÍDAS E CUSTO GLOBAL PARA EXECUÇÃO DO EMPREENDIMENTO	84

CAPÍTULO 4

4. PLANEJAMENTO E CUSTOS DE PRODUÇÃO DE FACHADAS COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL E COM A TECNOLOGIA DE CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM LSF.....	86
4.1. CONCEITUAÇÃO.....	86
4.1.1. Planejamento	86

4.1.2. Composição de custos na construção civil	88
4.2. PLANEJAMENTO E CUSTOS DA PRODUÇÃO DA FACHADA COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL	93
4.2.1. Planejamento da produção da fachada com a tecnologia tradicional	93
4.2.2. CUSTOS DA TECNOLOGIA TRADICIONAL PARA PRODUÇÃO DE FACHADA	109
4.3. PLANEJAMENTO E CUSTOS DE PRODUÇÃO DA FACHADA COM A TECNOLOGIA COM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM LSF	125
4.3.1. Planejamento da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada	125
4.3.2. Caracterização da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada aplicada ao empreendimento em estudo	145
4.3.3. Custos da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção da fachada	180
<i>CAPÍTULO 5</i>	
5. AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS TECNOLOGIAS TRADICIONAL E COM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM LSF PARA PRODUÇÃO DE FACHADA	205
5.1. DEFINIÇÕES NA FASE DE PROJETO	205
5.2. ETAPAS E ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE FACHADA COM AS DUAS TECNOLOGIAS	206
5.3 PRAZO PARA CONCLUSÃO DE TORRE RESIDENCIAL COM AS DUAS TECNOLOGIAS	208
5.4 PRODUTIVIDADE E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DE MÃO DE OBRA COM A DUAS TECNOLOGIAS	209
5.5 INSUMOS UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE FACHADA COM AS DUAS TECNOLOGIAS	210
5.6 LOGÍSTICA E TRANSPORTES NO CANTEIRO DE OBRA COM AS DUAS TECNOLOGIAS	211
5.7 UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS COM AS DUAS TECNOLOGIAS	211
5.8 CUSTOS DE PRODUÇÃO DE FACHADA COM AS DUAS TECNOLOGIAS	212
<i>CAPÍTULO 6</i>	
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	215
REFERÊNCIAS	221
APÊNDICE A – Questionário estruturado e dados coletados nas entrevistas com profissionais do meio técnico acerca da tecnologia tradicional e da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em <i>Light Steel Framing (LSF)</i>	226
APÊNDICE B – Memória de cálculo da área total de fachada da torre residencial para as composições de custo das tecnologias em estudo	249
APÊNDICE C – Detalhamento e memórias de cálculo de quantidades dos materiais e componentes para composição dos custos da fachada da torre residencial executada com a tecnologia tradicional de alvenarias de vedação e revestimentos aderidos	253

APÊNDICE D – Memórias de cálculo de quantidades dos componentes para a composição de custos das vedações verticais externas da torre residencial com a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em	288
APÊNDICE E – Custos pesquisados no mercado dos materiais e de mão de obra empreitada para composição dos custos para produção da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional com alvenarias de vedação de revestimentos aderidos.	345
APÊNDICE F – Custos pesquisados no mercado dos materiais e de mão de obra empreitada para composição dos custos da fachada da torre residencial em estudo executada com a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em <i>Light Steel Framing (LSF)</i>	352
APÊNDICE G – Índices estruturais das soluções estudadas para a torre residencial: estrutura de concreto armado reticulada convencional com lajes com vigas de borda e estrutura de concreto armado com lajes planas protendidas sem viga de borda	364
APÊNDICE H – Dados de obras executadas com a tecnologia em painéis leves coletados junto a empresas especializadas na montagem do sistema e construtoras que se utilizaram desta tecnologia ou de tecnologia similar para produção de fachadas.....	369

Capítulo 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

A fachada, segundo Cardoso (2016), é um dos subsistemas mais importantes no processo construtivo de edificações de múltiplos pavimentos. Ela define, a estética e o partido arquitetônico e também o conforto, térmico e acústico dos ambientes internos do edifício. Além dessas propriedades, a fachada exerce, ainda, outras funções como de fechamento, acabamento, iluminação e ventilação e, algumas vezes, pode ser suporte de sistemas prediais.

Para Santiago (2008), a construção civil brasileira é marcada pelos sistemas construtivos artesanais, porém, diante da crescente demanda e da disponibilidade técnica de alternativas, várias correntes deste setor têm se mostrado abertas ao emprego de soluções industrializadas ou de sistemas construtivos com concepção mais racionalizada, o que, segundo Sabbatini (1989), são elementos chave para se incrementar e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.

Com relação às atuais demandas por maior produtividade, redução dos prazos de construção e maior controle de custos, Barros (1996) já enfatizava que, em cenários como o que tem vivido o segmento de construção de edifícios, os esforços das empresas devem conciliar a introdução de mudanças tecnológicas com os aspectos organizacionais e de gestão da produção.

Em complemento, Barros e Sabatini (2003) afirmam que a adoção por parte das construtoras de uma estratégia voltada a racionalização do processo construtivo constitui um ponto fundamental para que o setor da construção evolua, tornando-se mais competitivo.

Não obstante a necessidade de evolução dos processos de produção, entrevistas realizadas pelo autor para este trabalho¹, com 45 profissionais ligados às áreas de produção, planejamento e projetos que atuam em 26 empresas do setor da construção civil da região da Grande São Paulo, revelam que a tecnologia predominante no mercado nacional para execução de fachadas em edificações de

¹ Entrevistas realizadas com questionário estruturado via Google Docs. O questionário utilizado e os dados obtidos nas entrevistas encontram-se detalhados no Apêndice A.

múltiplos pavimentos são as alvenarias de vedação e revestimentos aderidos, em conjunto com esquadrias.

A decisão pela tecnologia a ser empregada usualmente é embasada em parâmetros, tais como requisitos técnicos e de desempenho e também planejamento, custos e prazos de execução do subsistema.

Os requisitos técnicos e de desempenho desse subsistema do edifício têm sido abordados por diversos autores, com destaque para os trabalhos de Silva (2003), Diogo (2007) e Cardoso (2016). Por isto, esses aspectos não são objeto deste trabalho cujo foco direciona-se para o planejamento e custos de produção.

Com relação aos custos, Oliveira (2009) observa que a escolha adequada dos componentes da fachada tem impacto nesse parâmetro, tanto na etapa de implantação do empreendimento como em sua fase de uso, em que os custos de manutenção podem ser expressivos ao longo da vida útil da edificação.

Especificamente em relação a custos de produção, Cardoso (2016) apresenta dois empreendimentos: o primeiro com 10 pavimentos e padrão médio, em Salvador, e o segundo de alto padrão, em Alphaville, na Grande São Paulo, cujos percentuais de custo de fachada executada com tecnologia tradicional em relação ao custo global foram, respectivamente, de 15,29% e 15,79%.

O trabalho de Medeiros et al. (2014), por sua vez, define uma faixa de custo percentual da fachada em relação aos custos globais que vai de 9 a 13%, incluindo-se elementos como alvenaria, esquadrias e revestimentos aderidos.

A experiência profissional deste autor, focada em elaboração de orçamento e acompanhamento da produção de diversos empreendimentos habitacionais de múltiplos pavimentos de médio padrão e fachadas tradicionais, permite afirmar que a participação percentual da fachada, compreendendo alvenarias, esquadrias, vidros e revestimentos aderidos, está entre 11,6 e 15,2% do custo total das edificações.

Os percentuais trazidos pelos diferentes autores mostram que a fachada representa um custo expressivo em relação ao custo total do empreendimento e, por isto, merece cuidados ao se definir a tecnologia a ser utilizada.

No que se refere ao planejamento das atividades de produção, é consenso entre os profissionais do setor que o cumprimento dos prazos planejados para execução das atividades de fachada é essencial para que se atinja a entrega da obra como um todo no prazo projetado.

Autores como Cavani (2010), Cardoso (2016) e Rodrigues (2016), considerando o método de planejamento do caminho crítico (*CPM – Critical Path Method*)², afirmam que a produção da fachada faz parte do caminho crítico da obra. Portanto, num contexto de redução de custos e de prazo, um objetivo a ser perseguido é buscar uma tecnologia que permita um maior controle sobre a execução das atividades da fachada no caminho crítico e possibilite produzi-la com alta produtividade.

Nesse contexto, a tecnologia construtiva de vedações verticais externas em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* apresenta-se como uma solução potencialmente mais racionalizada, executada com componentes industrializados por acoplamento a seco, com potenciais vantagens em relação aos processos tradicionais.

Silva e Silva (2004) apontam a maior organização e limpeza do canteiro, rapidez e facilidade de execução, simplificação do controle e menor desperdício de materiais como algumas das vantagens dos fechamentos industrializados em relação à vedação vertical tradicional.

Light Steel Framing (LSF) é o termo internacionalmente utilizado para os sistemas construtivos caracterizados pelo uso de perfis leves de aço zincado formados a frio para compor estruturas esbeltas vedadas com painéis ou chapas industrializadas (MEDEIROS et al., 2014).

No entanto, qualquer nova tecnologia a ser introduzida em um projeto demanda análise cuidadosa antes de sua efetiva utilização, avaliando-se tanto os requisitos técnicos e de desempenho, quanto a viabilidade econômica e a compatibilidade com os condicionantes do mercado nacional relacionados a disponibilidade dos componentes, e capacitação da mão de obra para execução da tecnologia (SABBATINI, 1989).

Sem que haja as devidas adequações às condições climáticas, sociais e econômicas, bem como, às normas técnicas e expectativas do mercado brasileiro, a tecnologia encontrará dificuldades de se estabelecer e ser aceita pelos usuários e pelos atores da cadeia produtiva (SANTIAGO, 2008).

Os profissionais da cadeia produtiva da construção de edificações - arquitetos e engenheiros envolvidos no processo de projeto, planejamento e produção;

² O *CPM (Critical Path Method)* é um método de planejamento bastante utilizado pelo meio técnico que estabelece a sequência de atividades críticas que devem ser concluídas nas datas programadas para que o empreendimento possa ser concluído dentro do prazo estabelecido.

empresários responsáveis pelas decisões de investimento; operários envolvidos na execução da obra - deveriam possuir uma visão global do sistema, de modo a serem capazes de tirar o máximo proveito desse tipo de solução (RIBAS, 2006).

Não obstante a necessidade de domínio da tecnologia pelos agentes da cadeia, as observações de campo deste autor em obras visitadas ou acompanhadas durante a elaboração deste trabalho, permitiram concluir que poucos profissionais do mercado nacional se encontram preparados para planejar e trabalhar de forma eficiente dentro de uma filosofia de construção industrializada e sistêmica de modo a transformar as potencialidades da nova tecnologia em benefícios concretos.

As entrevistas realizadas pelo autor revelam que parte das empresas participantes conhecem e já utilizaram o *drywall*³, tecnologia de construção a seco utilizada para a execução de divisões internas dos edifícios, que apresenta similaridade na fase de produção com o sistema de fachada em painéis leves. Porém, demonstram que o fechamento externo em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* ainda é pouco presente no mercado e pouco conhecido pelos profissionais da área, muito embora, quando apresentados às características do sistema, a maioria dos entrevistados reconheceu suas potencialidades e mostrou-se propensa a utilizar a tecnologia em seus futuros projetos.

Ainda que haja percepção de potencial aumento de produtividade, na visão dos profissionais entrevistados a tecnologia de painéis leves apresenta alguns pontos críticos, tais como: custo alto, baixa disponibilidade de fornecedores, baixa capacitação da mão de obra, insegurança quanto a possíveis patologias e presença de componentes importados.

Destacam-se como atividades consideradas mais críticas pelos profissionais entrevistados: montagem da estrutura em *Light Steel Framing (LSF)*, aplicação da membrana impermeável e das chapas externas e o tratamento das juntas entre as chapas externas. As demais etapas executivas do sistema construtivo: aplicação da camada externa de *basecoat*⁴ com malha de reforço em fibra de vidro⁵, colocação da

³ Traduzindo do inglês: “parede seca”. Conjunto de componentes formado por chapas de gesso para *drywall*, estrutura de perfis de aço, acessórios de fixação e insumos, destinados a atender a função de compartimentação entre os ambientes internos dos edifícios (adaptado da norma ABNT NBR 15578-1)

⁴ Massa para acabamento a base de cimento reforçado com resina sintética para aplicação sobre as chapas delgadas, em toda a superfície da camada externa da fachada (Knauf, 2016).

⁵ Malha de fibra de vidro projetada para distribuir as tensões superficiais da camada externa da fachada, devendo ficar embutida na camada de *basecoat* (Knauf, 2016).

manta isolante e a execução da camada interna da fachada com chapas de gesso acartonado não foram mencionadas como críticas⁶.

A vivência do autor como profissional da área de planejamento e orçamento durante vinte cinco anos leva a destacar outros diferenciais importantes em relação à tecnologia tradicional a serem avaliados pelos profissionais de projeto, planejamento e produção: necessidade de mão de obra devidamente treinada, conhecimento das etapas executivas para consolidação do cronograma da obra, logística dos transportes horizontal e vertical no canteiro e compatibilização da nova tecnologia com os demais subsistemas da edificação (estrutura, sistemas prediais, vedações horizontais, entre outros).

Um aspecto recorrente nos canteiros em relação a tecnologia tradicional para produção de fachadas é que o planejamento não é realizado com atenção e rigor necessários e o detalhamento das atividades acaba sendo superficial ou insuficiente. Possivelmente este fato decorra do conhecimento relativamente consolidado entre os profissionais da construção em relação às técnicas e aos ciclos de produção do método construtivo tradicional. E assim, muitas decisões são deixadas a cargo da obra, contando com a experiência de profissionais como o engenheiro residente e o mestre de obras (FABRÍCIO; MELHADO, 1998; KEHL, 1997; TAUKE, 2000); de agentes de produção direta (encarregados e oficiais); ou até mesmo de fornecedores, sejam eles especializados ou não (SILVA, 2012).

No caso da tecnologia de produção de fachadas em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, além da curva de aprendizado natural em qualquer novo sistema construtivo adotado, a visão sistêmica do processo é ainda mais fundamental, pois, não há experiência previamente adquirida e nem conhecimentos consolidados por parte dos profissionais que permitam eventuais “soluções em canteiro”, com tomadas de decisão na etapa de produção.

A fase de pré-construção torna-se ainda mais importante, com a concepção e o desenvolvimento do projeto das vedações externas; análise e compatibilização com as demais tecnologias da edificação; e estudo técnico aprofundado da fase de produção da tecnologia, em conjunto com projetistas, fornecedores dos componentes do sistema e empresa especializada na montagem, identificando-se as

⁶ Este parágrafo apenas apresenta o resultado obtido nas entrevistas com os profissionais, não representando uma conclusão efetiva do presente trabalho. Aqui é expressa a percepção dos entrevistados, devendo-se levar em conta o pouco conhecimento da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF pelos profissionais revelado nas entrevistas.

etapas e atividades da produção, os gargalos e antecipando soluções, de modo que, o planejamento reflita de maneira consistente a expectativa de alta produtividade, alcançando-se na prática os potenciais benefícios da tecnologia de fachada em painéis leves

O pouco conhecimento sobre a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* aplicada a edificações de múltiplos pavimentos, no meio técnico e acadêmico, e a ausência de literatura com foco no planejamento e nos custos de produção da tecnologia, reforçam a necessidade de trabalhos para difundir o uso da tecnologia, dada a importância de uma nova alternativa de sistema construtivo para execução desse importante subsistema das edificações. É neste contexto que se apresenta o objetivo do presente trabalho no item que segue.

1.2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma análise comparativa do planejamento e dos custos de produção de fachada entre a tecnologia tradicional com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos e a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.

A fim de atender ao objetivo central do trabalho, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar as etapas, a sequência executiva e as atividades que compõem o planejamento da produção da tecnologia tradicional de fachada com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos e da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, bem como as alternativas desta tecnologia já disponíveis no mercado nacional;
- b) Apresentar a composição dos custos de produção de fachadas pelas tecnologias tradicional e com *LSF*.

1.3. JUSTIFICATIVAS PARA A ELABORAÇÃO DO TRABALHO

No âmbito do Programa de Mestrado Profissional Construlnova – Inovação na Construção há um grupo de pesquisa focado no desenvolvimento e inovação tecnológica da construção de edificações. Este trabalho, com foco em custos e planejamento da produção da tecnologia em *LSF*, faz parte das pesquisas

desenvolvidas por esse grupo e vem complementar o recente trabalho de Cardoso (2016), desenvolvido no mesmo grupo, que sistematizou e analisou o conhecimento relativo a essa tecnologia construtiva.

Além disso, com foco para o mercado, o trabalho justifica-se, ainda a partir dos seguintes aspectos:

- ✓ A necessidade do setor da construção de racionalizar processos, aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção, por meio de tecnologias ou sistemas construtivos inovadores;
- ✓ O potencial da tecnologia de chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* como alternativa para a produção da fachada que faz parte do caminho crítico no planejamento de edificações de múltiplos pavimentos;
- ✓ A ausência de trabalhos e pesquisas sobre os custos e o planejamento da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, principalmente, quando associada a edificações de múltiplos pavimentos.

Por fim, a importância de apresentar ao meio técnico e acadêmico os diferenciais de custo e de planejamento desta tecnologia inovadora para a produção de fachada em relação aos métodos tradicionais de produção, apresentando os potenciais benefícios, assim como, os respectivos gargalos e desafios, pela incorporação desta tecnologia ao projeto de uma edificação de múltiplos pavimentos.

1.4. MÉTODOS

Para comparar os diferenciais de planejamento e de custos de produção entre a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* e a tecnologia tradicional com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos, os métodos utilizados encontram-se sintetizados na Figura 1.

Figura 1– Síntese dos métodos utilizados

Fonte: Elaborado pelo autor

1.4.1. Levantamento de informações

Essa etapa envolveu a revisão bibliográfica e a coleta de informações e conceitos sobre as tecnologias em estudo, com base nas seguintes atividades principais:

- leitura de publicações e trabalhos acadêmicos sobre o planejamento e custo de produção de ambas as tecnologias;
- leitura de catálogos e manuais técnicos de fabricantes da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.

1.4.2. Levantamento de campo

Nesta etapa, concentram-se as rotinas práticas do trabalho, com o desenvolvimento das seguintes atividades:

- entrevistas a partir de questionário estruturado enviado por meio do recurso Formulários *Google* da ferramenta *Google Docs*⁷, com profissionais de planejamento, produção e projeto do setor, a fim de constatar as práticas mais recorrentes nas construtoras para a produção de fachadas, bem como,

⁷ O Google Docs é um serviço para Web que permite criar, editar, enviar e visualizar documentos de texto e questionários estruturados e compartilhá-los com contatos profissionais (adaptado de GOOGLE, 2016).

prospectar o nível de conhecimento destes profissionais em relação à tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*;

- entrevista presencial semiestruturada com profissional especializado no desenvolvimento de projetos da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* para aprofundar os conhecimentos acerca do detalhamento técnico desse sistema construtivo;
- entrevistas presenciais semiestruturadas com empresas especializadas na montagem da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, a fim de identificar a sequência executiva, a produtividade e os gargalos na produção de fachadas por meio desta tecnologia.
- coleta e compilação de dados referentes ao planejamento e aos prazos de produção em empreendimento com oito torres residenciais, com fachadas executadas com a tecnologia tradicional, na cidade de São Bernardo do Campo - SP;
- coleta de informações referentes a obras executadas com a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* junto a empresas especializadas na sua montagem e compilação dos dados com a caracterização dos sistemas executados, equipamentos utilizados e a produtividade alcançada;
- acompanhamento de duas obras que adotaram a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* como processo construtivo, uma no bairro de Perdizes, em São Paulo, onde a tecnologia teve função de revestimento, e, outra na cidade de Itú, interior de São Paulo, onde a tecnologia foi executada com função de vedação externa do edifício.

1.4.3. Atividades complementares

Tratam-se de atividades práticas que complementam a etapa de levantamento de campo e referem-se aos levantamentos e organização dos dados relacionados ao projeto em estudo, consultas a fornecedores e construtoras do mercado e elaboração de quadros e tabelas, sistematizando as informações do trabalho. Estas atividades foram as seguintes:

- seleção do projeto arquitetônico para a avaliação comparativa entre as tecnologias em estudo;
- elaboração de **estudo preliminar das vedações em chapa cimentícia** por projetista especializada na tecnologia de fachada em painéis leves, com detalhamento técnico deste sistema construtivo para o pavimento-tipo da edificação selecionada;
- levantamento das quantidades de materiais, componentes e mão de obra envolvidos em cada tecnologia, para as composições de custos detalhadas de cada sistema construtivo;
- coleta de preços de materiais, componentes e equipamentos praticados no mercado para as composições de custos dos sistemas construtivos de ambas as tecnologias;
- apresentação das atividades, etapas e sequência executiva de cada tecnologia;
- elaboração do planejamento executivo, com a definição dos ciclos de produção e da produtividade de cada tecnologia.

1.4.4. Avaliação comparativa

Com base nos resultados obtidos nas etapas anteriores do trabalho, são elaborados quadros em que se caracterizam os diferenciais de planejamento e de custos entre as duas tecnologias, aplicadas ao mesmo projeto.

1.4.5. Considerações finais e conclusões

Nesta etapa expõem-se as considerações finais sobre os diferenciais de planejamento e de custos entre as duas tecnologias estudadas, buscando-se sinalizar os potenciais benefícios e os reais desafios identificados no trabalho, visando aos profissionais ou empresas do mercado que venham a adotar a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* em seus futuros projetos.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos, sendo este o capítulo 1, em que se apresenta a introdução do trabalho, destacando a necessidade de maior racionalização dos processos construtivos e apresentando a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* como alternativa para a produção deste subsistema. Justificam-se os motivos para o desenvolvimento do tema. Determina-se o objetivo do trabalho, descrevem-se os métodos utilizados para a sua elaboração, e, apresenta-se a sua estruturação.

O capítulo 2 introduz conceitos básicos referentes às tecnologias para a produção das fachadas tradicionais e fachadas em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.

O capítulo 3 apresenta o projeto arquitetônico selecionado para o estudo das tecnologias e os dados reais de planejamento e de custos de produção, obtidos no acompanhamento da execução do empreendimento pelo autor.

O capítulo 4 aborda sucintamente o método de planejamento e conceituação sobre as composições dos custos na construção civil, e, apresenta a caracterização, o planejamento e os custos de produção de ambas as tecnologias.

O capítulo 5 apresenta a avaliação comparativa entre as duas tecnologias para produção de fachada com base nos dados constatados no capítulo anterior.

O capítulo 6 é reservado às considerações finais e conclusões, buscando-se apresentar os potenciais benefícios e os reais desafios a serem ponderados pelos profissionais e empresas do mercado que estejam avaliando a possibilidade de substituição da tecnologia tradicional pela tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* para produção das vedações verticais externas de seus futuros projetos, com destaque para o planejamento e custos de produção de cada tecnologia.

Capítulo 2

2. FACHADAS DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

A norma ABNT NBR 15575-4:2013, em seu item 3.1, define os **sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE)** como partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como paredes ou divisórias internas e fachadas (externa).

Além da definição estética e arquitetônica das edificações, a importância das vedações verticais externas ou fachadas está relacionada a aspectos de desempenho, abordados por aquela norma; de custo; e também porque determinam diretrizes para planejamento e programação da produção.

Essa importância materializa-se nos seguintes aspectos que envolvem as fachadas do edifício:

- estão no caminho crítico da obra;
- determinam o potencial de racionalização da produção, pois interferem diretamente com instalações, esquadrias, impermeabilização e revestimentos;
- determinam o desempenho do edifício por serem diretamente responsáveis pelas condições de habitabilidade, tais como: conforto, higiene, saúde, segurança de utilização, tendo importante destaque as suas características de durabilidade;
- têm profunda relação com a ocorrência de problemas patológicos, como: fissuras, descolamento de revestimentos, entre outros, e;
- podem constituir a própria estrutura do edifício como, por exemplo, nos edifícios constituídos com alvenarias estruturais ou paredes maciças de concreto armado e podem ser ainda, parte acessória da estrutura, quando servem de travamento da estrutura de concreto armado.

Fruto desses aspectos que envolvem a produção da fachada, alguns elementos condicionam a escolha pelo tipo específico e, segundo Sabbatini et al. (2004), os seguintes parâmetros devem ser considerados:

- adequação entre as características funcionais da vedação ao tipo de empreendimento e às exigências do usuário (requisitos de desempenho);

- consideração quanto aos aspectos construtivos, tais como: facilidade de montagem, disponibilidade de componentes, produtividade, rapidez de execução, necessidades de mecanização e de equipamentos;
- consideração quanto aos aspectos relacionados ao uso e manutenção.

Franco (2004), por sua vez, destaca que:

Apesar da incidência do custo da produção dos vedos no orçamento do edifício não ser o item de maior importância, quando se considera conjuntamente toda a vedação vertical e as interfaces que faz com os demais subsistemas do edifício, este conjunto representa, normalmente, o maior item de custo de produção.

A vedação vertical é um subsistema que interfere de modo profundo no processo construtivo do edifício como um todo, impactando ainda nos aspectos de planejamento, logística e custos inerentes a cada processo. Portanto, o ideal é que esta escolha seja feita de forma antecipada, com base em informações e estudos consolidados, juntamente com a concepção estrutural da edificação.

Pela sua importância, as fachadas dos edifícios têm sido objeto de muitos estudos e, por isto, neste trabalho o enfoque será dado especificamente para os aspectos que envolvem planejamento e custos de produção relacionados às duas tecnologias objeto de estudo, as quais são caracterizadas brevemente neste capítulo:

- *tecnologia tradicional*: constituída por alvenarias de vedação; revestimento externo em argamassa cimentícia com acabamento em textura; revestimento interno em pasta de gesso (áreas secas) ou placas de revestimento cerâmico sobre emboço (áreas molhadas), e;
- *tecnologia de painéis leves com chapas delgadas estruturadas em Light Steel Framing (LSF)*: “camada de estruturação” em perfis leves de aço zincado conformados a frio; “camada impermeável” constituída por não-tecido impermeável à água e permeável ao vapor d’água⁸ posicionada entre os perfis metálicos e as chapas externas; “camada externa” com chapas cimentícias; tela de reforço em fibra de vidro e massa de base cimentícia com

⁸ A terminologia adotada no presente trabalho para as camadas da tecnologia em painéis leves estruturados em LSF tem como base o trabalho de Cardoso (2016). A DIRETRIZ SINAT 003 – Revisão 2 (2016) apresenta em seu item 1. Introdução, a seguinte definição: **barreiras impermeáveis**: não-tecidos impermeáveis à água e permeáveis ao vapor.

acabamento em textura; “camada isolante” com manta de lã de vidro, posicionada entre os montantes da estruturação metálica; e “camada interna” com chapas em gesso acartonado fixadas sobre a estruturação metálica ou coladas sobre superfícies de concreto (CARDOSO, 2016)

O Quadro 1 apresenta a equivalência entre as etapas executivas das duas tecnologias e, na sequência, essas etapas são devidamente caracterizadas.

Quadro 1- Equivalência entre as atividades das etapas executivas da fachada tradicional e da fachada em painéis leves com chapas delgadas estruturadas em LSF

Etapa	Fachada tradicional	Fachada em painéis leves com chapas delgadas estruturadas em LSF
Revestimento interno	Revestimentos: chapisco; revestimento em pasta de gesso (área secas); emboço de argamassa cimentícia (áreas molhadas) Acabamento: camada de acabamento interno dos ambientes com revestimento cerâmico (área molhadas) ou pintura (áreas secas)	Acabamento: camada de acabamento interno dos ambientes com revestimento cerâmico (áreas molhadas) ou pintura (áreas secas)
Vedo ou estruturação	Vedo vertical em: componentes de alvenaria assentados com argamassa cimentícia	Camada de estruturação: estrutura em <i>Light Steel Framing (LSF)</i> construída em perfis leves de aço zincado conformados a frio ou perfis leves de aço zincado conformados a frio fixados às superfícies de concreto da fachada (pilares externos) Camada impermeável: membrana impermeável Camada externa (parte): chapa cimentícia; tela em fibra de vidro e massa de base cimentícia para tratamento das juntas entre as chapas Camada isolante: manta de lã de vidro entre montantes da estruturação metálica Camada interna: chapas de gesso acartonado do tipo RF (em camada dupla (2 chapas), ou, chapas de gesso acartonado do tipo RF ou ST coladas sobre estrutura de concreto; massa especial e fita de papel para o tratamento das juntas entre as chapas.
Revestimento externo	Revestimentos: chapisco; tela para reforço dos encontros entre as alvenarias e os elementos estruturais de concreto; camada de argamassa cimentícia do tipo massa única para pintura. Acabamento: aplicação de textura acrílica.	Camada externa (parte): tela de fibra de vidro em toda superfície; massa (“Basecoat”) para cobertura da tela e regularização da superfície da fachada Acabamento: aplicação de textura acrílica.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.1. TECNOLOGIA TRADICIONAL DE PRODUÇÃO DE FACHADAS

A tecnologia tradicional é predominante no cenário da construção civil brasileira. Segundo Carvalho (2015) seus principais elementos constituintes são:

- a) Vedo: o elemento que caracteriza a vedação vertical, constituído por componentes de alvenaria, sendo os mais comuns os blocos cerâmicos ou de concreto e unidos por argamassa usualmente de base cimentícia;
- b) Revestimento: elemento que possibilita o acabamento decorativo da vedação, além de conferir proteção ao vedo, constituído principalmente por camadas de argamassa de base cimentícia com acabamento em pintura ou placas cerâmicas aderidas;
- c) Esquadria: permite o controle de acesso aos ambientes.

Finalizando a abordagem conceitual referente às alvenarias de vedação, recorre-se às seguintes considerações de Franco (2004), que destaca como vantagens dessa tecnologia:

- a) Em relação ao desempenho:
 - ✓ regular a bom desempenho térmico (resistência térmica e inércia térmica);
 - ✓ regular a bom desempenho acústico (isolamento);
 - ✓ boa estanqueidade à água (quando revestida);
 - ✓ excelente comportamento frente à ação do fogo (resistência, incombustibilidade e efeito barreira);
 - ✓ bom a excelente desempenho estrutural (estabilidade, resistências mecânicas e deformabilidade).
- b) Em relação à parâmetros de ordem geral:
 - ✓ durabilidade superior à da maioria dos outros materiais;
 - ✓ excelente flexibilidade e versatilidade;
 - ✓ facilidade e baixo custo de produção dos componentes;
 - ✓ facilidade de produção por montagem ou conformação;
 - ✓ grande aceitação pelo usuário final.

Em síntese, as alvenarias apresentam:

- adequada relação custo-benefício dentre os materiais para vedação disponíveis;

➤ por ora, do ponto de vista econômico, trata-se de uma tecnologia de difícil substituição considerando-se os investimentos inicial e de manutenção.

Como desvantagens da tecnologia tradicional com alvenaria, destacam-se:

- ✓ requer mão de obra especializada;
- ✓ baixa produtividade relativa na execução (elevado consumo de mão de obra);
- ✓ domínio técnico centrado na mão de obra executora;
- ✓ elevada massa por unidade de superfície (kg/m^2);
- ✓ necessidade de revestimentos sobre a alvenaria para que apresente uma superfície acabada com baixa rugosidade.

As fachadas produzidas com alvenaria de blocos exigem para seu adequado desempenho e funcionamento, o emprego de revestimentos tanto externos quanto internos, os quais trabalham comumente aderidos ao substrato. Os revestimentos externos mais comuns são constituídos por camadas de argamassa de base cimentícia, enquanto os internos por uma camada de pasta de gesso.

Tratam-se de revestimentos tradicionais na produção de edifícios, tendo sido objeto de vários trabalhos técnicos, além de estarem definidos em diversas normas nacionais. Destacam-se aqui as normas ABNT NBR 7200:1998, ABNT NBR 13529:1995 e os trabalhos de (Maciel et al., 1998), Barros et al. (2003), Ceotto et al. (2005), Manual de Revestimento em Fachada (2006) elaborado pela Comunidade da Construção Civil de Salvador.

Pelo lado interno, o mais comum é a utilização de revestimentos em pasta de gesso (MAEDA e SOUZA, 2000), principalmente devido à sua facilidade e rapidez de execução e o acabamento liso das superfícies (BREITSAMETER, 2012), que minimiza os custos do sistema de pintura, uma vez que possibilita eliminar a camada de massa corrida (TEBALDI et al., 2009). É um revestimento que pode ser utilizado com a maioria dos substratos porosos (DIAS e CINCOTTO, 1995)

Segundo John e Cincotto (2007) o endurecimento rápido, proteção contra fogo em estruturas e a plasticidade da pasta são características e propriedades complementares que justificam a sua utilização.

A tecnologia de aplicação da pasta de gesso como revestimento tradicional no mercado e, por isto, não será abordada em profundidade neste trabalho. Por outro

lado, é amplamente abordada nos trabalhos de Quinalia (2005), John e Cincotto (2007) e Souza (2009).

2.2. FACHADAS EM PAINÉIS LEVES COM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM *LIGHT STEEL FRAMING* (LSF)

Por ser uma tecnologia não tradicional junto ao meio técnico brasileiro e por serem ainda poucas as publicações técnicas sobre o assunto, ela será abordada com mais profundidade do que o foi a tecnologia tradicional.

2.2.1. Introdução

Light Steel Framing (LSF) é o termo internacionalmente utilizado para os sistemas construtivos caracterizados pelo uso de perfis leves de aço zincado formados a frio para compor estruturas esbeltas vedadas com chapas industrializadas (MEDEIROS et al., 2014). Tratam-se, portanto, de componentes industrializados acoplados a seco.

Santiago (2008) foi um dos primeiros autores a abordar a tecnologia e já destacava que o *Light Steel Framing* (LSF) é um sistema construtivo de concepção racionalizada, que vem passando por processo de aceitação e desenvolvimento no mercado da construção civil nacional.

Trata-se de uma tecnologia cujos painéis podem ser estruturais ou não. Sua utilização como painel leve não estrutural para vedação de fachada foi abordada por Oliveira et al. (2009), por Medeiros et al. (2014) e, mais recentemente, foi sistematizada por Cardoso (2016), principalmente em relação aos aspectos de desempenho.

Além desses trabalhos referenciais, destacam-se ainda as Diretrizes e DATecs (Documentos de Avaliação Técnica) do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), vinculado ao Programa de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), cujo objetivo é avaliar e divulgar ao meio técnico novos produtos utilizados nos processos de construção (produtos inovadores), notadamente:

- Diretriz SINAT 003 – Revisão 2 - Diretriz para avaliação técnica de sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio,

com fechamentos em chapas delgadas (sistemas leves tipo Light Steel Framing) (BRASIL, 2016);

- Diretriz SINAT 009 – Revisão 1 – Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zincado e fechamentos em chapas delgadas com revestimento de argamassa (Fachada leve em steel frame) (BRASIL, 2016);
- DATec 014-A – Sistema construtivo a seco SAINT-GOBAIN – Light Steel Frame (BRASIL, 2015). Este DATec é voltado à aplicação do sistema construtivo a seco na execução de residências.

A fachada em chapas delgadas estruturadas em *LSF*, objeto deste trabalho, apresentam peso próprio inferior a 60kg/m² e, por isto, é classificada como leve (ABNT NBR 15575-4:2013). Por ter baixa densidade, gera alívio nas solicitações da estrutura principal e fundações e também facilita as atividades de transporte dos seus constituintes para o canteiro de obras (SANTIAGO, 2008).

No âmbito do Programa de Mestrado Profissional Construlnova – Inovação na Construção, da Escola Politécnica da USP, há um grupo de pesquisa dedicado ao desenvolvimento e inovação tecnológica de elementos de fachada de edificações. Este trabalho, com foco em custos e planejamento da produção da tecnologia em painéis leves estruturados em *LSF*, faz parte das pesquisas desenvolvidas por esse grupo e vem complementar o recente trabalho de Cardoso (2016).

Deste modo, a conceituação da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *LSF* apresentadas neste trabalho busca seguir a mesma caracterização, as mesmas definições e a mesma terminologia estabelecidas no grupo de pesquisa e consolidadas no trabalho de Cardoso (2016), extraído-se dali a maioria dos conceitos aqui registrados.

As fachadas em chapas delgadas estruturadas em *LSF*, também denominadas fachadas leves, segundo os trabalhos anteriormente identificados, são comumente constituídas pelos seguintes componentes:

- componentes de fechamento ou revestimento: chapas cimentícias, de OSB, de gesso acartonado, dentre outros (componentes industrializados de densidade superficial baixa);

- barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água: membranas de polipropileno ou polietileno de alta densidade com a função de barreira à passagem da água e do ar;
- isolantes térmicos: placas em lã mineral;
- estrutura secundária: na Europa utiliza-se estrutura secundária em madeira ou metálica. No Brasil, a estruturação do painel é feita, principalmente, por perfis metálicos, ainda que existam propostas de estruturação com madeira, inclusive com documentação técnica pertinente como o DATec 005 – Revisão 1 (BRASIL, 2016) . Esse elemento tem a função de apoiar e sustentar os componentes de fechamento, revestimentos e materiais isolantes; suportar cargas laterais, como a ação do vento; e absorver deformações intrínsecas à fachada e provenientes da estrutura principal;
- dispositivos de fixação: são responsáveis por fixar os perfis entre si e a estrutura secundária da fachada à estrutura principal do edifício, e ou fixar os componentes de fechamento ou revestimento aos perfis da estrutura em LSF;
- componentes para tratamento das juntas e acabamento superficial: massas de base cimentícia com agregados minerais e aditivos impermeabilizantes, perfis termoplásticos extrudados, telas e malhas flexíveis para reforço e distribuição das tensões superficiais da camada de acabamento (KNAUF, 2015).

Existem diversos sistemas de produto para emprego em fachadas que incorporam a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em *LSF*, entre os quais os sistemas estudados por Cardoso (2016) - Fachada F4, Aquapanel WM311C e WM411C, e Kingspan - e também outros de empresas que estão atuando no mercado nacional como, por exemplo, USG⁹, PlacLux¹⁰ e Rey¹¹.

Para a realização deste trabalho tomou-se como referência para caracterização das etapas executivas, de modo particular, o Sistema Aquapanel® da empresa Knauf além de outros sistemas similares, também disponibilizados ao mercado nacional (USG, PlacLux e Rey).

⁹ USG Brasil (United States Gypsum) é uma empresa de origem americana presente no mercado nacional.

¹⁰ PlacLux Indústria de Materiais de Construção a Seco é uma empresa nacional com sede na cidade de Araucária – PR.

¹¹ Panel Rey é uma empresa mexicana do Grupo Promax com distribuidores no território nacional.

2.2.2. Caracterização das camadas da fachada e de suas funções

Para organização e agrupamento das informações sobre os componentes da fachada em chapas delgadas estruturadas em *LSF*, a tecnologia foi separada em camadas, de acordo com sua função dentro do sistema construtivo, a partir de Cardoso (2016):

- camada de estruturação (Figura 2)
- camada externa (Figura 2)
- camada impermeável (Figura 2)
- camada de isolamento (Figura 3)
- camada interna (Figura 4)

Figura 2– Camadas de estruturação, externa e impermeável da fachada

Fonte: Adaptado pelo autor de PlacLux (2016)

Figura 3– Camada de isolamento da fachada com manta de lã de vidro

Fonte: Foto Eng. Renato Perônico (2014)

Figura 4– Camada interna da fachada em chapas de gesso acartonado tipo RF

Fonte: Arquivo do autor – Obra TORREINC – Itú – SP – IBEN ENGENHARIA (2016)

2.2.3. Métodos de montagem da tecnologia

A fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF pode ser classificada em dois grupos, quanto ao método de montagem: montada no canteiro, também chamado de método *stick-built*¹² (montada por componentes) ou montada em painéis pré-fabricados produzidos fora do canteiro.

Santiago (2008) destaca como vantagens do método *stick-built*, em relação ao com painéis pré-fabricados, a dispensa de local no canteiro ou fora dele para a pré-montagem dos elementos do sistema, a facilidade de transporte das peças até o canteiro e a facilidade de execução das ligações entre os elementos.

Além disso, a montagem por componentes individuais elimina a necessidade de equipamentos pesados para o transporte vertical, como guias por exemplo, e o corte dos perfis no canteiro possibilita maior tolerância em relação à geometria da estrutura primária (CARDOSO, 2016).

No entanto, a montagem por componentes individuais ocasiona o aumento de atividades em obra, a montagem mais lenta e a exigência de mão de obra especializada no canteiro de obras (SANTIAGO, 2008).

Há duas maneiras de montagem da estrutura em LSF quanto à posição dos perfis em relação à estrutura primária da edificação (CARDOSO, 2016):

- **método embutido:** painéis montados internamente aos quadros da estrutura primária da edificação (Figuras 5 e 6), ou;
- **método contínuo ou cortina:** perfis da estrutura secundária posicionados externamente à estrutura primária da edificação (Figura 7).

¹² O termo inglês *stick* é utilizado em relação à similaridade do perfil com barra, vareta, bastão e o modo de construção *stick-built* se refere a montagem por componentes (CARDOSO, 2016).

Figura 5– Painéis montados pelo método embutido em estrutura de concreto

Fonte: Foto Eng. Renato Perônico (2014)

Figura 6– Painéis montados pelo método embutido em estrutura metálica

Fonte: Arquivo do autor – Obra TORREINC – Itú – SP - Iben Engenharia (2016)

Figura 7– Painéis montados pelo método contínuo ou cortina

Fonte: Way (2014)

Em relação ao método embutido, Cardoso (2016) afirma:

“Na montagem embutida, usualmente a camada externa é contínua, isto é, as placas que fazem o fechamento exterior não são interrompidas pelos elementos estruturais horizontais. Para isto, a estrutura secundária (*LSF*) é deslocada para fora do edifício em relação ao plano formado entre os limites das lajes para permitir a continuidade do plaqueamento”

Medeiros et al. (2014) referem-se a este método como *semicortina*, assim como também, Oliveira (2009), citando a norma francesa NF P28-001:1990 (*Façade Légère - Définitions - Classifications - Terminologie*), em que a classificação é denominada como *façade semi-rideaux*.

Essa configuração é ilustrada na Figura 8 que apresenta os perfis inseridos pelo método embutido para a alternativa de estrutura de concreto.

Figura 8– Perfis inseridos pelo método embutido para a alternativa de estrutura de concreto

Fonte: Adaptado pelo autor de Kingspan (2014)

No método contínuo, o peso próprio da fachada é transferido à estrutura primária por conectores (WAY e LAWSON, 2013). Os conectores são fixados à estrutura do edifício e os perfis montantes são fixados aos conectores, constituindo a estruturação dos painéis da fachada (Figuras 9 e 10).

Figura 9– Fixação do conector na estrutura primária e do perfil montante no conector em aço galvanizado no método contínuo

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

Figura 10– Estruturação pelo método contínuo

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

Em algumas situações essa tecnologia não se constitui propriamente no vedo vertical, mas em uma parte dele, notadamente quando reveste elementos estruturais contínuos (Figuras 11 e 12). Neste caso, a camada interna ou será o próprio elemento estrutural ou estará intermediada por este. Os perfis montantes são fixados à estrutura do edifício por meio dos elementos de ancoragem direta (Figuras 11).

Figura 11– Elemento de ancoragem direta e perfil montante no método contínuo

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

A escolha do tipo de dispositivo de fixação a ser utilizado (conector ou elemento de ancoragem direta) baseia-se na avaliação e no dimensionamento do projetista especializado neste sistema construtivo.

Figura 12– Perfis montante fixados aos elementos de ancoragem direta sobre a superfície estrutural contínua da fachada

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

O emprego do método contínuo traz a possibilidade de os painéis chegarem ao canteiro prontos de fábrica, inclusive com chapas e esquadrias (CARDOSO, 2016).

Os painéis pré-fabricados são produzidos fora do canteiro de obras e são constituídos por estruturação em perfis de aço, placas de fechamento e material de isolamento. São concebidos para serem posicionados nos locais de montagem com auxílio de equipamentos como guindastes e gruas, devendo apresentar resistência compatível ao seu peso próprio e às cargas de trabalho por ocasião do transporte vertical no canteiro (CARDOSO, 2016).

Velocidade na montagem, controle da qualidade e de custos na produção, redução da mão de obra no canteiro de obras, e precisão dimensional devido à produção no ambiente controlado da fábrica são algumas das vantagens destacadas por Santiago (2008) para a tecnologia em painéis pré-fabricados.

Apesar das vantagens dos sistemas panelizados, sua produção é ainda insipiente no Brasil e, por isto, a tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF, objeto de estudo do presente trabalho tem como sistema de montagem o método embutido montado no local.

2.2.4. Componentes da tecnologia

Os componentes da tecnologia de fachada com chapas delgadas estruturadas em LSF já foram mencionados de forma genérica no item 2.2.1. do presente capítulo e seguem ilustrados nas Figuras 13, 14, 15 e 16, segundo a linha de componentes para os sistemas de produtos:

- Aquapanel® da empresa Knauf (Figura 13);
- PROFORT® da empresa PlacLux (Figura 14);
- DUROCK® NEXT GEN da empresa USG (Figura 15), e;
- Placa Cimentícia Impermeabilizada da empresa BRASILIT Saint-Gobain (Figura 16).

Todos estes sistemas de produtos encontram-se disponíveis no mercado nacional.

Figura 13– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema Aquapanel® da empresa Knauf

<p>Chapa cimentícia Aquapanel® composta por cimento Portland, agregados leves e malha de fibra de vidro com tratamento anti-álcalis nas duas faces</p>		<p>Fita para tratamento de juntas Aquapanel® tela de fibra de vidro com tratamento anti-álcalis embutida na massa para tratamento de juntas</p>
<p>Tyvek® Aquapanel® membrana permeável ao ar e impermeável à água. Atua como uma barreira para a água e evita a condensação de água no interior da parede</p>		<p>Massa superficial Aquapanel® Basecoat massa para acabamento à base de cimento reforçado com resinas sintéticas</p>
<p>Parafusos Aquapanel® fixam as chapas na subestrutura. Possuem camada de proteção especial com resistência a corrosão por 720 horas</p>		<p>Malha superficial Aquapanel® ampla malha de fibra de vidro para distribuir as tensões da superfície, que deve ficar embutida na massa Basecoat</p>
<p>Massa para tratamento de juntas Aquapanel® massa em pó a base de cimento para preenchimento das juntas entre as chapas</p>		<p>Peças em PVC juntas de dilatação, estruturas de reforços de cantos e outras peças para gerenciamento da água e proteção do sistema</p>

Fonte: Manual Sistema de Fachada Knauf Aquapanel® (2016)

Figura 14– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema PROFORT® da empresa PlacLux

Fonte: Manual Técnico PROFORT – Sistema de Placa Cimentícia – PlacLux (2016)

Figura 15– Chapa cimenticia e componentes complementares do Sistema DUROCK® NEXT GEN da empresa USG

USG DUROCK® NEXT GEN

Descripción	Espesor (mm /pulg)	Medidas (m)	Peso por pieza
Panel de cemento USG DUROCK® NEXT GEN	12,7 mm / 1/2"	1,20 x 2,40 m	33,8 kg

- Metales
- Canal (solera) 0,85 mm (cal 20)
y poste (montante) 0,85 mm (cal 20) @ 40 cm.

- Cinta de refuerzo
marca USG DUROCK®.

- Tornillos
- 8 x 12" PPH SD punta de broca,
cabeza lenteja para fijar metal
con metal.
- Para panel de cemento:
Tornillo DS DUROCK® STEEL
1 1/4" (32 mm) - una capa.
1 5/8" (41,3 mm) - segunda capa.

- Compuestos USG
- Compuesto marca
USG DUROCK® Basecoat.
Compuesto USG Baseflex®
marca USG DUROCK®.
- Membrana impermeable
Tyvek® Dupont.

- Malla de fibra
de vidrio polimerizada
marca USG DUROCK®.

Otros productos:

- USG componentes plásticos.
- Accesorios plásticos.
- Colchonetas.
- Acabados con pasta.

Fonte: Manual Técnico USG – Soluciones para Tabiques de Alto desempeño (2016)

Figura 16– Chapa cimentícia e componentes complementares do Sistema de Fachada da empresa BRASILIT Saint-Gobain

<div> <div>PLACA CIMENTÍCIA</div> </div>					
ELEMENTOS DE FIXAÇÃO					
Tipo	Tratamento	Desenho	Diâmetro	Comprimento	Utilização
Parafuso para Fixação entre Perfis Brasilit "metal-metal"	Zincado		4,2 mm	13 mm	Fixação entre perfis de aço.
Parafuso Cabeça Sextavada Ponta Broca	Zincado		4,8	3/4"	Fixação entre perfis de aço.
Cabeça Trombeta fenda Philips Ponta agulha	Zincado		6	1"	Fixação sobre estrutura de aço.
Parafuso Autobrocante Brasilit Ponta Broca sem asas	Zincado		4,2 mm	32 mm	Fixação sobre estrutura de aço (perfil de Drywall).
Parafuso Autobrocante Brasilit Ponta Broca com Asas	Zincado		4,2 mm	32 mm	Fixação sobre estrutura de aço (perfil de Steel Framing).
COMPONENTES PARA TRATAMENTO DE JUNTAS					
<div> <div>Primer</div> </div> <div>Preparação da região da junta para receber o tratamento.</div>			<div> <div>Cordão de Polietileno Expandido</div> </div> <div>Delimitador de profundidade (fundo de junta).</div>		
<div> <div>Massa para Junta</div> </div> <div>Componente para junta invisível com FibroTape.</div>			<div> <div>FibroTape - tela de fibra de vidro ar (álcali-resistente)</div> </div> <div>Componentes para junta invisível com Massa para Junta Brasilit.</div>		

Fonte: Guia de Sistemas para Produtos Planos – BRASILIT Saint-Gobain (2013)

Capítulo 3

3. EMPREENDIMENTO PARA O ESTUDO DAS TECNOLOGIAS DE FACHADA

3.1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de analisar o planejamento da produção de fachadas pelo processo construtivo tradicional, efetuou-se o acompanhamento da execução das fachadas de oito edificações habitacionais, com pavimento térreo mais vinte e cinco pavimentos, localizadas em um condomínio localizado à Rua Brasília Machado, na cidade de São Bernardo do Campo – SP, entre julho de 2008 e maio de 2012 (Figura 17).

A implantação geral do condomínio, as fases de entrega (quatro fases com duas torres em cada fase), os prazos reais de execução de cada fase e o aspecto arquitetônico da fachada de uma das torres residenciais do condomínio, seguem ilustrados na Figura 18, no Quadro 2 e na Figura 19, respectivamente.

Figura 17- As oito torres do condomínio (A, B, C, D, E, F, G e H) em imagem de satélite

Fonte: *Google Earth*¹³ (2017)

¹³ *Google Earth* é um programa desenvolvido e distribuído pela empresa americana *Google* cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre. A imagem apresentada no trabalho é de 05/08/2015 (*Google Earth*, 2017).

Figura 18- Implantação geral do condomínio, torres residenciais e fases de entrega (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Digital Light (2008)

Quadro 2- Prazos reais de início e término das fases de entrega

Fase	Torres	Início	Término	Prazo total
1	A e E	Julho/2008	Agosto/2010	26 meses
2	B e F	Abril/2009	Abril/2011	25 meses
3	C e G	Outubro/2009	Novembro/2011	26 meses
4	D e H	Dezembro/2009	Maio/2012	30 meses

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 19– Perspectiva artística da fachada de uma das torres residenciais

Fonte: Digital Light (2008)

3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS FACHADAS DO EMPREENDIMENTO EXECUTADAS COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL

As fachadas do empreendimento foram executadas com a tecnologia tradicional de vedações verticais externas em alvenaria de blocos cerâmicos e revestimentos de argamassa com acabamento em textura acrílica. Compõem ainda a fachada as esquadrias de alumínio com vidros.

Algumas das etapas de execução das fachadas das torres residenciais do condomínio seguem ilustradas nas Figura 20 a 26.

Figura 20– Estrutura em concreto armado de duas torres residenciais em execução

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHIN (2009)

Figura 21– Vedações verticais externas iniciadas nos pavimentos inferiores

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHIN (2009)

Figura 22– Vedações verticais externas concluídas e revestimento externo em argamassa cimentícia em execução

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHAHIN (2009)

Figura 23– Revestimento externo em argamassa cimentícia em execução

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHAHIN (2009)

Figura 24– Execução das vedações verticais externas na prumada do elevador cremalheira e esquadrias de alumínio instaladas

PRUMADA DO ELEVADOR
CREMALHEIRA

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHIN (2011)

Figura 25– Revestimento externo em argamassa cimentícia concluído

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHIN (2011)

Figura 26– Acabamento externo da fachada em textura acrílica

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC – SP – SCHAHIN (2011)

3.2.1. Projeto executivo de vedações

O tipo, as dimensões e o posicionamento de cada componente para a execução das vedações verticais externas foram definidos no **projeto executivo de vedações**, desenvolvido por projetista especializado neste tipo de disciplina.

As Figuras 27, 28, 29 e 30 ilustram alguns dos detalhes típicos deste projeto para as alvenarias de vedação do pavimento-tipo da torre residencial, quais sejam:

- modulação vertical de empenas cegas de alvenarias (Figura 27);
- modulação vertical de alvenarias em situação de peitoris para caixilhos e aberturas da fachada (Figura 28);
- elevação genérica das juntas em argamassa cimentícia das alvenarias (Figura 29), e;
- planta baixa com a localização das alvenarias de fachada (Figura 30).

Figura 27- Modulação vertical de empenas cegas de alvenaria no projeto de vedações (sem escala)

Fonte: ADDOR & ASSOCIADOS (2008)

Figura 30- Indicação em planta baixa de algumas das alvenarias de vedação externas em reprodução parcial do pavimento-tipo da torre residencial (sem escala)

Fonte: ADDOR & ASSOCIADOS (2008)

Cada alvenaria da edificação é numerada e detalhada individualmente no **projeto executivo de vedações**, sendo definidos os seguintes elementos:

- ✓ espessura da alvenaria;
- ✓ vista da elevação da alvenaria;
- ✓ quantidade de cada elevação no projeto;
- ✓ tipo e posicionamento de cada componente de alvenaria em cada elevação;
- ✓ quantidade e posição das telas metálicas de amarração entre as alvenarias e peças estruturais de concreto armado (pilares e vigas);
- ✓ posição de vergas e contravergas com peças tipo canaleta preenchidas com graute, nos vãos de esquadrias, portas e aberturas, e;
- ✓ quadro-resumo para cada elevação de alvenaria com as quantidades dos componentes necessários para sua execução.

A Figura 31 ilustra uma das elevações de alvenaria detalhada no projeto executivo de vedações, no caso, a parede 01E, em que a letra E indica que se trata de uma vedação vertical externa.

Pode-se observar o posicionamento dos blocos e das telas de amarração, a indicação de contraverga em blocos do tipo canaleta, a quantidade de elevações no pavimento e a quantidade de blocos para execução desta alvenaria.

Figura 31- Elevação da alvenaria de fachada 01E (sem escala)

Fonte: ADDOR & ASSOCIADOS (2008)

3.2.2. Componentes das vedações verticais externas

Encontram-se apresentados no Quadro 2 os componentes para execução das vedações verticais externas do projeto em estudo.

Quadro 3— Componentes para execução das vedações verticais externas do empreendimento

Etapas	Componente
Elevação das alvenarias	<ul style="list-style-type: none"> - componentes cerâmicos (blocos e complementares) (Figura 32) - Argamassa ensacada industrializada para assentamento dos componentes cerâmicos
Amarração das alvenarias com os elementos estruturais	<ul style="list-style-type: none"> - Tela de aço SAE 1010 galvanizado, fio 1.65mm, malha 15x15mm: 17x50 cm ou 12x50 cm, para alvenarias com larguras de 19 cm e 14 cm, respectivamente (Figura 33) - Pino liso galvanizado 1/4 x 27 com arruela para fixação das telas (Figura 34)
Vergas e contravergas em blocos tipo canaleta	<ul style="list-style-type: none"> - Bloco cerâmico tipo canaleta (figura 32) - Graute usinado¹⁴
Fixação lateral das alvenarias	<ul style="list-style-type: none"> - Argamassa ensacada industrializada para chapisco
Fixação superior das alvenarias	<ul style="list-style-type: none"> - Argamassa expansiva industrializada para a fixação superior das alvenarias

Fonte: Elaborado pelo autor

¹⁴ O graute é um concreto fluido com agregados de pequena dimensão (Ramalho e Corrêa, 2003).

Figura 32– Componentes cerâmicos (blocos e complementares)

Fonte: Selecta Blocos (2016)

Figura 33– Tela de aço galvanizado e pinos de aço para amarração das alvenarias com os elementos estruturais

Fonte Belgo (2016)

Figura 34– Pino de aço com arruela para fixação da tela galvanizada para amarração das alvenarias com os elementos estruturais

Fonte: Walsywa (2016)

3.3. REVESTIMENTOS ADERIDOS E ACABAMENTOS

Os revestimentos e acabamentos aplicados às superfícies verticais internas e externas da fachada empregados no projeto em estudo foram:

- revestimento em argamassas cimentícias na fachada, sendo o chapisco aplicado manualmente e a camada de massa única aplicada por meio de projeção mecânica;
- revestimento em argamassas cimentícias nas áreas internas molhadas (banhos e áreas de serviço) como base para o revestimento cerâmico;
- revestimento em pasta de gesso nas áreas internas secas como base para o acabamento em pintura de base P.V.A.

3.3.1. Revestimentos externos

O detalhamento dos revestimentos de fachada e as diretrizes para sua execução e controle foram definidos no projeto de **detalhamento do revestimento em fachada** elaborado por projetista especializado nesta disciplina, tendo sido determinados os seguintes elementos:

- definição das argamassas de revestimento;
- detalhes construtivos da fachada (peitoril, pingadeira, juntas de trabalho, reforço do revestimento com tela).
- parâmetros para avaliação do revestimento;
- ensaios necessários para a avaliação do revestimento;

Nas diretrizes para execução e controle são estabelecidos os seguintes aspectos:

- procedimentos de execução do revestimento;
- sequência das atividades;
- itens para verificação dos serviços de execução do revestimento.

O Quadro 4 apresenta os materiais e componentes para execução dos revestimentos externos em argamassa cimentícia da edificação em estudo, segundo as determinações do projeto em questão.

Quadro 4— Materiais e componentes para execução dos revestimentos externos de fachada

Etapa	Materiais e componentes
Preparação das superfícies em alvenarias de vedação - Chapisco	- Cimento Portland CPPII-32 - Areia média lavada - Adesivo para chapisco base PVA ¹⁵ Aplicado manualmente na colher
Preparação das superfícies em concreto - Chapisco	- Argamassa ensacada industrializada para chapisco, aplicada manualmente com desempenadeira dentada
Reforço no encontro das alvenarias com os elementos estruturais	- Tela de fibra de vidro álcali resistente com malha de 10x10 mm (Figura 35), ou; - Tela em fios de aço galvanizado diâmetro 1,24 mm com malha de 25x25 mm (Figura 36)
Camada de massa única em argamassa cimentícia	- Argamassa ensacada industrializada para revestimento externo aplicada por projeção mecânica
Execução e tratamento dos frisos da fachada ¹⁶	- Impermeabilizante para tratamento de frisos em fachadas

Fonte: Elaborado pelo autor

¹⁵ Argamassa no traço de 1:3 (cimento:areia média) e diluição do adesivo PVA na água de emassamento na proporção de 1:2 (adesivo PVA:água).

¹⁶ Friso horizontal executado nas fachadas revestidas em argamassa cimentícia que coincide com o encontro das vigas de borda da estrutura de concreto armado com as vedações verticais externas.

Figura 35– Tela em fibra de vidro álcali resistente para reforço no encontro entre as alvenarias e os elementos estruturais

Fonte: TEGAPE TELAS (2016)

Figura 36– Tela em fios de aço galvanizado para reforço no encontro entre as alvenarias e os elementos estruturais

Fonte: MORLAN ARAMES E TELAS (2016)

3.3.2. Revestimentos internos das fachadas

As recomendações referentes aos revestimentos internos e as diretrizes para sua execução constam do **projeto executivo de vedações**. O projetista avalia a configuração da edificação, a rigidez da estrutura primária e a interface das vedações com os elementos estruturais, avaliando a adequação técnica dos revestimentos a serem aplicados, pré-determinados pela empresa responsável pela execução da obra.

As superfícies verticais internas da fachada receberão revestimentos de acordo com o tipo do ambiente interno (áreas secas ou molhadas), atendendo as orientações do projetista.

Foram definidos neste projeto, basicamente, dois tipos de revestimentos internos nas paredes de fachada:

- revestimento em pasta de gesso para as áreas secas como base para o acabamento em pintura P.V.A., e;
- revestimento em argamassa cimentícia – chapisco e emboço - para as áreas molhadas como base para o acabamento em placas cerâmicas.

Em complemento, pela avaliação das particularidades da edificação, o projetista definiu ainda que, o pavimento térreo, os dois primeiros pavimentos e os dois últimos pavimentos da torre residencial deveriam ser revestimentos integralmente em argamassa cimentícia, nas áreas internas secas e molhadas.

O Quadro 5 apresenta os materiais e componentes para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da edificação em estudo, segundo as determinações do projeto em questão.

Quadro 5– Materiais e componentes para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada

Etapa	Materiais e Componente
Preparação das superfícies em alvenarias de vedação - Chapisco	- Cimento Portland CPPII-32 - Areia média lavada Aplicado manualmente na colher
Preparação das superfícies em concreto - Chapisco	- Argamassa ensacada industrializada para chapisco, aplicada manualmente com desempenadeira dentada
Preparação das superfícies em alvenarias de vedação ou em concreto – Chapisco rolado	- Cimento Portland CPPII-32 - Areia média lavada - Adesivo de base acrílica ¹⁷ Aplicado manualmente com rolo para textura
Camada de massa única ou emboço em argamassa cimentícia	- Argamassa ensacada industrializada para revestimento interno, aplicada manualmente na colher
Revestimento em pasta de gesso	- Gesso em pó para revestimento aplicado manualmente sarrafeado com taliscas ¹⁸

Fonte: Elaborado pelo autor

¹⁷ Argamassa no traço de 1:3 (cimento:areia média) e consumo de adesivo de base acrílica de 186,61 l por metro cúbico de argamassa (SINAPI, 2014).

¹⁸ Processo conhecido no mercado como “gesso sarrafeado” onde são executadas taliscas e mestras para nivelamento e alinhamento da superfície acabada em gesso.

3.3.3. Acabamentos

Além dos componentes para execução dos revestimentos internos e externos das vedações verticais externas da edificação, tem-se, ainda, os seguintes materiais e componentes para execução dos acabamentos internos e externos:

- placas cerâmicas para o acabamento das superfícies verticais internas da fachada em áreas internas molhadas;
- argamassa colante industrializada ensacada tipo AC-I para aplicação das placas cerâmicas;
- rejunte cimentício industrializado para acabamento das juntas entre as placas cerâmicas;
- látex PVA e massa corrida base PVA para a pintura das superfícies verticais internas da fachada nas áreas internas secas, e;
- textura acrílica para acabamento da fachada.

3.3.4. Esquadrias de alumínio e vidros

Como componente final para a caracterização da fachada do empreendimento em estudo, tem-se ainda os contramarcos em alumínio, as esquadrias de alumínio e os vidros a serem instalados em cada esquadria.

As esquadrias foram fabricadas com perfis da linha Gold do fabricante Alcoa, entregues no canteiro com pintura eletrostática branca.

Os vidros utilizados foram: liso comum incolor 6 mm (janelas e módulos superiores de portas), laminado incolor 6 mm (módulos inferiores de portas) e comum tipo fantasia (janelas dos banheiros).

3.4. PRAZOS REAIS PARA EXECUÇÃO DAS FACHADAS DO EMPREENDIMENTO

Para apurar os prazos reais de execução das fachadas das torres residenciais do condomínio, elaborou-se uma planilha estruturada para registro das datas de início e de término de cada atividade, à medida em que fossem sendo executadas.

Ao longo da execução das fachadas, foram efetuadas diversas visitas ao canteiro; porém, sistematicamente, a cada quinzena, era executada uma “visita de

conferência”, quando o autor verificava, para cada uma das torres em execução, a coerência das datas registradas na planilha pelos técnicos de produção da obra, atestando assim, a confiabilidade e a consistência dos apontamentos.

Na análise dos prazos apresentados devem-se levar em consideração as seguintes premissas:

- todas as etapas acompanhadas referem-se aos serviços executados nas fachadas das torres residenciais do 1º pavimento-tipo até o nível da laje de cobertura, em que os serviços apresentam ciclo definido e produtividade mais uniforme devido ao sequenciamento e à repetitividade das atividades nos pavimentos;
- no caso do prazo para execução da estrutura em concreto armado, apresentam-se duas datas de término. A primeira data refere-se à conclusão da estrutura até a laje de cobertura do 25º pavimento-tipo e a segunda data refere-se à conclusão total da estrutura até o nível da cobertura geral do edifício;
- no caso dos revestimentos das superfícies internas das paredes da fachada, os prazos registrados são aqueles verificados para a conclusão dos revestimentos internos de cada pavimento.

A compilação dos prazos reais para execução de cada etapa da produção das fachadas e o registro das datas de início e de término de cada atividade, obtidos por meio do acompanhamento e das visitas periódicas, é apresentada nos Quadros 6, 7, 8 e 9.

Quadro 6 – Datas reais de início e término da estrutura de concreto armado para cada torre residencial do condomínio

SERVIÇOS	DATAS							
	TORRE A	TORRE E	TORRE B	TORRE F	TORRE G	TORRE C	TORRE H	TORRE D
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO								
Início Estrutura Torre	12/01/2009	15/01/2009	28/08/2009	19/06/2009	01/12/2009	28/12/2009	27/07/2010	30/08/2010
Término Estrutura Torre - 1a a 26a Laje	24/08/2009	31/08/2009	13/01/2010	04/12/2009	19/08/2010	27/09/2010	14/02/2011	04/04/2011
Término Global da Estrutura da Torre	22/09/2009	25/09/2009	09/02/2010	28/12/2009	27/09/2010	03/01/2011	06/04/2011	20/05/2011

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 7– Datas reais de início e término das vedações verticais externas e chumbamento de contramarcos em alumínio para cada torre residencial do condomínio

SERVIÇOS	DATAS							
	TORRE A	TORRE E	TORRE B	TORRE F	TORRE G	TORRE C	TORRE H	TORRE D
VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS E CHUMBAMENTO DE CONTRAMARCOS								
Início Marcação	23/03/2009	23/03/2009	07/09/2009	07/09/2009	25/05/2010	05/07/2010	27/09/2010	04/02/2011
Término Marcação	01/12/2009	05/12/2009	18/02/2010	18/02/2010	22/09/2010	12/11/2010	02/03/2011	08/05/2011
Início Elevação	23/03/2009	23/03/2009	07/09/2009	07/09/2009	01/02/2010	06/07/2011	27/09/2011	04/02/2011
Término Elevação	14/12/2009	21/12/2009	01/03/2010	25/02/2010	29/10/2010	03/12/2010	05/04/2011	03/06/2011
Início Encunhamento	25/05/2009	18/05/2009	09/11/2009	02/11/2009	24/05/2010	23/08/2010	30/09/2010	02/02/2011
Término Encunhamento	08/01/2010	04/01/2010	04/06/2010	31/05/2010	29/10/2010	03/01/2011	11/04/2011	11/07/2011
Início Chumbamento Contramarcos	08/06/2009	08/06/2009	15/11/2009	01/12/2009	31/05/2010	13/09/2010	07/02/2011	21/02/2011
Término Chumbamento Contramarcos	04/01/2010	04/01/2010	31/05/2010	19/04/2010	25/11/2010	05/01/2011	16/05/2011	07/07/2011

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 8– Datas reais de início e término dos revestimentos externos para cada torre residencial do condomínio

SERVIÇOS	DATAS							
	TORRE A	TORRE E	TORRE B	TORRE F	TORRE G	TORRE C	TORRE H	TORRE D
REVESTIMENTO EXTERNO, COLOCAÇÃO DE ESQUADRIAS E TEXTURA EXTERNA								
Início Montagem Balancins	11/08/2009	20/08/2009	17/02/2010	27/03/2010	02/11/2010	06/01/2011	14/04/2011	27/06/2011
Término Montagem Balancins	29/08/2009	11/09/2009	06/03/2010	15/04/2010	22/11/2010	25/01/2011	29/04/2011	12/07/2011
Início Limpeza + Regularizações	24/08/2009	21/09/2009	01/03/2010	12/04/2010	19/11/2010	21/02/2011	02/05/2011	16/07/2011
Início Limpeza + Regularizações	03/09/2009	25/09/2009	12/03/2010	16/04/2011	24/11/2010	18/03/2011	26/05/2011	09/08/2011
Início Chapisco	10/08/2009	30/09/2009	08/03/2010	19/04/2010	29/11/2010	28/02/2011	30/05/2011	14/08/2011
Término Chapisco	19/08/2009	06/10/2009	19/03/2010	23/04/2010	08/12/2010	24/03/2011	05/06/2011	21/08/2011
Início Taliscamento	17/08/2009	05/10/2009	15/03/2010	20/04/2010	06/12/2010	28/02/2011	06/06/2011	22/08/2011
Término Taliscamento	21/08/2009	09/10/2009	02/04/2010	28/04/2010	10/12/2010	30/03/2011	10/07/2011	30/09/2011
Início Massa Externa	07/09/2009	13/10/2009	12/04/2010	26/04/2010	13/12/2010	04/03/2011	13/06/2011	04/09/2011
Término Massa Externa	26/02/2010	26/05/2010	10/10/2010	29/09/2010	30/03/2011	26/05/2011	30/08/2011	27/11/2011
Início Testes Arrancamento	11/09/2009	15/12/2009	09/06/2010	21/06/2010	11/03/2011	16/06/2011	20/09/2011	15/11/2011
Término Testes Arrancamento	13/11/2009	12/02/2010	16/08/2010	13/08/2011	11/05/2011	07/07/2011	17/10/2011	18/12/2012
Início Requadrção Externa em Textura	05/01/2010	05/01/2010	07/05/2010	17/05/2010	10/02/2011	16/05/2011	18/08/2011	14/11/2011
Término Requadrção Externa em Textura	17/02/2010	22/02/2010	31/05/2010	11/06/2010	09/03/2011	25/06/2011	12/09/2011	16/12/2011
Início Colocação Esquadrias	11/02/2010	11/02/2010	06/09/2010	06/09/2010	21/02/2011	23/05/2011	28/08/2011	25/11/2011
Término Colocação Esquadrias	28/06/2010	21/06/2010	29/10/2010	29/10/2010	28/03/2011	30/06/2011	04/10/2011	12/01/2012
Início Textura Externa	05/04/2010	05/04/2010	30/08/2010	15/09/2010	14/06/2011	12/09/2011	22/11/2011	22/02/2012
Término Textura Externa	12/07/2010	12/07/2010	17/11/2010	30/10/2010	08/09/2011	05/11/2011	15/02/2012	16/05/2012

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 9– Datas reais de início e término dos revestimentos e acabamentos das superfícies verticais internas das paredes da fachada para cada torre residencial do condomínio

SERVIÇOS	DATAS							
	TORRE A	TORRE E	TORRE B	TORRE F	TORRE G	TORRE C	TORRE H	TORRE D
REVESTIMENTO E PINTURA DAS SUPERFÍCIES VERTICAIS INTERNAS DA FACHADA								
Início Limpeza + Regularizações	29/06/2009	18/06/2009	09/11/2009	02/11/2009	24/05/2010	06/09/2010	17/01/2011	24/01/2011
Término Limpeza + Regularizações	21/12/2009	28/12/2009	02/04/2010	29/03/2010	10/11/2010	04/02/2010	28/03/2011	10/04/2011
Início Taliscamento Interno	08/07/2009	22/06/2009	16/11/2009	09/11/2009	12/07/2010	20/09/2010	13/01/2011	01/02/2011
Término Taliscamento Interno	08/01/2010	06/01/2010	04/06/2009	31/05/2010	04/02/2011	17/01/2011	14/06/2011	11/07/2011
Início Revestimento Gesso Liso	13/07/2009	29/06/2009	07/12/2009	23/11/2009	19/07/2010	30/08/2010	22/03/2011	11/04/2011
Término Revestimento Gesso Liso	06/01/2010	08/01/2010	19/05/2010	25/05/2010	21/02/2011	18/04/2011	15/11/2011	02/12/2011
Início Revestimento em Argamassa	18/05/2009	01/06/2009	23/11/2009	09/11/2009	12/07/2010	20/09/2010	13/01/2011	01/02/2011
Término Revestimento em Argamassa	08/01/2010	06/01/2010	04/06/2010	31/05/2010	04/02/2011	17/01/2011	14/06/2011	21/07/2011
Início Revestimento Cerâmico	01/04/2009	23/06/2009	01/10/2010	15/10/2010	07/02/2011	14/02/2011	20/06/2011	04/07/2011
Término Revestimento Cerâmico	26/05/2010	26/05/2010	15/10/2010	24/10/2010	04/07/2011	08/07/2011	18/11/2011	05/01/2012
Início Pintura	23/07/2009	01/12/2009	16/08/2010	14/08/2010	01/03/2011	07/03/2011	08/10/2011	07/11/2011
Término Pintura	25/05/2010	23/07/2010	10/02/2011	02/02/2011	04/11/2011	27/11/2011	28/04/2012	18/05/2012

Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando-se por base as datas de início e de término das atividades, apresentadas nas Figuras 6, 7, 8 e 9, pôde-se calcular os prazos consumidos em dias corridos para execução de cada etapa da produção das fachadas.

O Quadro 10 resume as seguintes informações:

- prazo total em dias corridos para execução de cada etapa de produção de fachadas;
- prazo total para execução das fachadas das torres residenciais em dias corridos e o equivalente em meses;
- área total de fachada do 1º pavimento-tipo até o nível da cobertura do 25º pavimento-tipo das torres residenciais;
- produção média obtida no acompanhamento da produção das fachadas, expressa em superfície de fachada executada por mês de prazo transcorrido.

Quadro 10– Prazos reais em dias corridos e em meses para execução das etapas e das fachadas, área total de fachada do 1º pavimento ao nível da cobertura do 25º pavimento e produção média em superfície de fachada executada por mês.

Prazos reais em dias corridos e em meses								
Etapas	Torre A	Torre E	Torre B	Torre F	Torre G	Torre C	Torre H	Torre D
Estrutura de concreto armado (dias)	253	253	165	192	300	371	253	263
Vedações verticais externas (dias)	291	287	270	266	157	182	196	157
Chumbamento de contramarcos (dias)	210	210	197	139	178	114	98	136
Chapisco externo (dias)	9	6	11	4	9	24	6	7
Massa externa (dias)	193	233	209	162	114	87	85	97
Requadração em textura (dias)	43	48	24	25	27	40	25	32
Colocação das esquadrias (dias)	137	130	53	53	35	38	37	48
Textura externa (dias)	98	98	79	45	86	54	85	84
Revestimentos internos (dias)	331	342	340	356	406	305	305	346
Pintura interna (dias)	306	234	178	172	248	265	203	193
Prazo total execução de fachada (dias)	428	487	521	513	528	510	579	469
Prazo total execução de fachada (meses) A	14,3	16,2	17,4	17,1	17,6	17,0	19,3	15,6
Área total de fachada (m²) B	7.742	7.742	7.742	7.742	7.742	7.742	7.742	7.742
Produção média mensal (m²/mês) B / A	541,4	477,9	444,9	452,7	439,9	455,4	401,1	496,3

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5. ÁREAS CONSTRUÍDAS E CUSTO GLOBAL PARA EXECUÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Como tópico final para a caracterização do projeto arquitetônico selecionado para o estudo das duas tecnologias, pode-se destacar as áreas construídas e o custo global real apurado para execução do empreendimento.

Este valor servirá como base para o cálculo do percentual de participação do custo da fachada executada por meio de cada uma das tecnologias em estudo no custo global do empreendimento que será um dos temas abordados no capítulo 5 do presente trabalho.

Além do acompanhamento específico da execução das fachadas pelo processo tradicional, o autor participou de toda a gestão física e financeira do empreendimento até a sua entrega, gerando os dados e os valores aqui apresentados.

O Quadro 11 apresenta a área real global de construção¹⁹ e a área real privativa global²⁰ do empreendimento, extraídas do quadro de áreas do memorial de Informações para Arquivo no Registro de Imóveis, elaborado de acordo com a norma ABNT NBR 12721:2006 Versão Corrigida 2:2007²¹.

Quadro 11– Área real global de construção e área real privativa global do empreendimento, segundo a norma ABNT 12721:2006 Versão Corrigida 2:2007

Área real global de construção	143.400,91 m ²
Área real privativa global	75.680,41 m ²

Fonte: Informações para Arquivo de Imóveis – NBR 12721 (2007)

O Quadro 12 apresenta o custo global real para execução do empreendimento, atualizado para o mês-base: dezembro/2016.

¹⁹ A área real global de construção corresponde à soma das áreas cobertas e descobertas reais, situadas nos diversos pavimentos da edificação, calculadas a partir do projeto arquitetônico aprovado.

²⁰ A área real privativa global é a somatória das áreas de uso exclusivo de cada unidade autônoma do empreendimento (áreas internas das unidades, vagas de garagem, depósitos exclusivos etc.).

²¹ Esta Norma estabelece os critérios para avaliação de custos unitários, cálculo do rateio de construção e outras disposições correlatas, conforme as disposições fixadas e as exigências estabelecidas na Lei Federal 4.591/64 (Lei do Condomínio).

Quadro 12– Custo global real para execução do empreendimento
(base: dez/16)

Custo global apurado para execução do empreendimento expresso em INCC-DI ²² A	298.489,72
Valor do índice INCC-DI em dezembro/2016 ²³ B	688,895
Custo global para execução do empreendimento em moeda corrente com mês-base: dezembro/2016 A x B	R\$ 205.628.075,70

Fonte: Gestão física e financeira do empreendimento - SCHAHIN (2007)

O Quadro 13 apresenta os custos unitários de construção pela área real global de construção e pela área privativa total do empreendimento.

Quadro 13– Custos unitários de construção do empreendimento

(base: dez/16)

Custo global apurado em moeda corrente	R\$ 205.628.075,70 A	
Custo unitário pela área real global de construção	143.400,91 m ² B	R\$ 1.433,94/m ² A / B
Custo unitário pela área real privativa global	75.680,41 m ² C	R\$ 2.717,06/m ² A / C

Fonte: Elaborado pelo autor

²² Índice concebido com a finalidade de aferir a evolução dos custos de construções habitacionais é divulgado mensalmente pela FGV (Fundação Getúlio Vargas). Como prática usual da gestão financeira em empreendimentos imobiliários, os custos reais aferidos mensalmente em moeda corrente são convertidos em quantidade de INCC-DI de acordo com o valor mensal do índice divulgado pela FGV. Ao final do empreendimento, além do valor histórico acumulado em moeda corrente, tem-se o valor acumulado em quantidade de INCC-DI, que funcionaria como um valor em “moeda forte” para atualização do custo real da construção. O custo global acumulado em INCC-DI verificado ao final do empreendimento, multiplicado pelo valor do índice de um dado mês, atualizaria o custo da construção em moeda corrente, para aquele mês de referência.

²³ Valor do índice divulgado pela FGV para o mês de dezembro/2016 = 688,985.

Capítulo 4

4. PLANEJAMENTO E CUSTOS DE PRODUÇÃO DE FACHADAS COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL E COM A TECNOLOGIA DE CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM LSF

4.1. CONCEITUAÇÃO

Os itens 4.1.1. e 4.1.2. abordam de forma sucinta os conceitos fundamentais sobre um método de planejamento utilizado por grande parte das empresas de construção civil no mercado nacional e sobre a composição de custos na construção civil. Na sequência do capítulo (itens 4.2 e 4.3) são detalhados o planejamento e os custos de produção de fachada com a utilização de ambas as tecnologias.

4.1.1. Planejamento

Silva (2010) define um empreendimento como um sistema complexo e constituído por atividades, que se inter-relacionam, se interagem e são interdependentes. Estas atividades são desenvolvidas e executadas com a utilização de recursos humanos, materiais e tecnológicos.

O planejamento da aplicação desses recursos deve ser previamente definido dentro de um plano que estabeleça as condições de:

- Prazo;
- Custo;
- Qualidade;
- Risco.

O mesmo autor cita o gerenciamento de um empreendimento ao longo do tempo de concepção, planejamento, execução e finalização, como uma garantia de que todas as atividades que compõe o projeto, sejam executadas dentro das diretrizes e metas previamente estabelecidas.

Segundo Santos (2008), o planejamento inclui o plano diretor de toda a obra (longo prazo) e também estudos de médio e curto prazos, focando as metas das equipes e

as programações diárias de atividades, englobando também, o planejamento de contratações de mão de obra e de custos e orçamento.

Santos (2008) destaca entre filosofias, metodologias e ferramentas de planejamento utilizadas na construção civil:

- PDCA²⁴ (planejar/desempenhar/controlar/agir);
- LOB²⁵ (linha de balanço);
- EAP²⁶ (Estrutura Analítica do Projeto);
- *Last Planner*²⁷, Método do Valor Agregado²⁸ e Caminho Crítico;
- *Lean Thinking*²⁹ (filosofia da mentalidade enxuta);
- Pert/CPM³⁰ (Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos/Método do Caminho Crítico).

O planejamento de obra deve ser um processo contínuo que se inicia com a delimitação do escopo, ou seja, com a definição das atividades que realmente integram a obra (MATTOS, 2008).

Mattos (2008) esclarece que a melhor maneira de tratar o escopo é construir uma EAP (Estrutura Analítica do Projeto), em que a cada nível os pacotes de trabalho vão sendo desdobrados em pacotes menores, até que se chegue a atividades simples, individualizadas, mais fáceis de serem mensuradas, delegadas e aferidas.

²⁴ PDCA (do inglês: PLAN - DO - CHECK - ACT / Plan-Do-Check-Adjust) é um método iterativo de gestão de quatro passos, utilizado para o controle e melhoria contínua de processos e produtos. É também conhecido como o círculo/ciclo/roda de Deming, ciclo de Shewhart, círculo/ciclo de controle, ou PDSA (plan-do-study-act).

²⁵ A técnica da Linha de Balanço (Line of Balance – LOB) para programação de tarefas foi criada pela Goodyear nos anos 40. Suas primeiras aplicações foram na indústria de manufaturados para programar o fluxo de produção. O Método da LOB é um dos métodos mais conhecidos entre os pesquisadores para a programação de projetos lineares.

²⁶ A Estrutura Analítica de Projeto (EAP) ou no inglês *Work Breakdown structure* (WBS) é uma ferramenta visual que permite a estruturação de um projeto de forma simples e contém todo o trabalho necessário para conclusão do projeto.

²⁷ O Last Planner System (LPS) foi desenvolvido no Lean Construction Institute por Glenn Ballard e Greg Howell como um sistema de planejamento e controle da produção que procura suavizar as variações nos fluxos de trabalho na construção, no desenvolvimento de planejamentos altamente previsíveis, e a redução de operações como fatores de incerteza.

²⁸ A técnica do valor agregado (EVM – Earned Value Management em inglês) é um método que integra as medidas de escopo, custos e cronograma para auxiliar a equipe de gerenciamento a avaliar e medir o desempenho e progresso do projeto (GUIA PMBoK®, 2008).

²⁹ O termo *Lean* ou *Lean Thinking* possui cinco princípios que devem ser considerados na seguinte sequência: valor (definir o que é valor sob a ótica do cliente), fluxo de valor (identificar o fluxo de valor e redefinir os processos, restando apenas o que gera valor ao cliente), fluxo contínuo (estabelecer um fluxo para os processos que restarem), produção puxada (fazer apenas quando o cliente solicitar) e perfeição (ou kaizen – melhoria contínua de tudo que está envolvido no fluxo de valor).

³⁰ As técnicas denominadas PERT e CPM foram independentemente desenvolvidas para a Gestão e Controle de Projetos em torno de 1950, porém a grande semelhança entre elas fez com que o termo PERT/CPM fosse utilizado corriqueiramente como apenas uma técnica. Os termos PERT e CPM são acrônimos de *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) e *Critical Path Method* (CPM).

Entre as diversas ferramentas e metodologias de planejamento, Olivieri et al. (2016) afirmam que o modelo tradicional de planejamento adotado por grande parte das empresas construtoras utiliza como base o método CPM (*Critical Path Method*).

O método de planejamento do caminho crítico (*CPM – Critical Path Method*) estabelece a sequência de “atividades críticas” que devem ser concluídas nas datas programadas para que o empreendimento possa ser finalizado dentro do prazo estabelecido.

As etapas do planejamento pelo método CPM são:

- identificar as atividades
- identificar a sequência executiva e as dependências entre as atividades
- desenhar o diagrama de rede das atividades
- estimar a duração das atividades
- identificar o caminho mais longo no diagrama de rede (*critical path*)
- monitorizar e atualizar o progresso do projeto

Como não é objetivo do trabalho discutir os diferentes métodos de planejamento e grande parte das construtoras do mercado se utiliza do método CPM para a gestão dos empreendimentos, este será o método adotado para abordar o tema do planejamento das duas tecnologias de produção de fachada em estudo.

Por esse método, segundo diversos autores, a produção da fachada faz parte do caminho crítico da obra (CAVANI, 2010; CARDOSO, 2016; RODRIGUES, 2016).

4.1.2. Composição de custos na construção civil

A engenharia de custos, aplicada à construção civil, é a única disciplina capaz de dar suporte à formação do preço e controle de custos de obras (TAVES, 2014).

É a área da engenharia em que princípios, normas, critérios e experiência são utilizados para resolução de problemas de estimativa de custos, avaliação econômica, e, de gerência e controle de empreendimentos (DIAS, 2004).

Segundo Taves (2014) a engenharia de custos também compreende a elaboração de orçamentos e atua na concepção e concretização do empreendimento, verificando a viabilidade técnico-econômica, realizando análises, diagnósticos e prognósticos. Para o correto orçamento de um empreendimento ou de uma

determinada etapa executiva se faz necessário que todos os possíveis custos de serviços associados à atividade ou empreendimento sejam considerados.

De forma sintética, Gonzalez (2008) define o orçamento como uma previsão (ou estimativa) do custo ou do preço de uma obra, em que o custo total da obra é o valor correspondente à soma de todos os gastos necessários para sua execução.

Para Dias (2004) o orçamento das construções ou dos serviços de engenharia civil é definido pela soma do custo direto, do custo indireto, das despesas, dos impostos e do resultado estimado do contrato (lucro previsto).

Para a composição do custo real dos diversos serviços e atividades da construção civil, devem ser considerados todos os custos envolvidos em sua execução, tecnicamente definidos em dois grupos como “custos diretos” e “custos indiretos”.

Por definição, “custos diretos” são todos aqueles associados diretamente ao serviço que está sendo orçado, ou seja, o custo de todos os insumos (material, mão de obra e equipamentos) que entram na execução do referido serviço (MATTOS, 2013).

Os custos diretos representam todos os custos diretamente envolvidos na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais, mão de obra e equipamentos auxiliares, mais toda a infraestrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da obra (TISAKA, 2006).

Pode-se destacar ainda como custo direto, o transporte para que os insumos cheguem às respectivas frentes de trabalho em execução no empreendimento.

No caso das alvenarias de vedação, por exemplo, os custos diretos seriam representados pelos blocos, argamassa para assentamento dos blocos, telas de amarração, pinos de aço, pedreiros, serventes e/ou pela mão de obra empreitada, equipamentos auxiliares e pelos transportes horizontal e vertical para execução e entrega deste serviço pronto e acabado.

Os “custos indiretos” são aqueles que, embora, necessários e até mesmo indispensáveis para a execução dos serviços, em geral, não permanecem agregados à construção, após sua conclusão.

Dias (2004) destaca que o “custo indireto” é representado pelos itens de custo que não são facilmente mensuráveis nas unidades de medição dos serviços, isto é, veículos de passeio e de carga de apoio, contas das concessionárias (energia, água, correio, telefone e etc.) e outros, que são usualmente considerados mensais ou aqueles calculados sobre o custo total ou sobre o preço final (faturamento), como por exemplo, a taxa de administração central.

Complementando, Tisaka (2006) afirma que os custos indiretos abrangem despesas que, embora não incorporadas à obra, são necessárias para a sua execução, incluindo-se os impostos, taxas, emolumentos, tarifas e contribuições.

Dentre os custos indiretos típicos de uma obra de construção civil, tem-se:

- construção e manutenção do canteiro de obra;
- equipe técnica e administrativa alocada no canteiro para a gestão da obra (equipe indireta);
- despesas mensais com concessionárias (água, energia, telefone, banda larga, etc.);
- despesas mensais com consumíveis (material de escritório, equipamentos de escritório, medicamentos, cópias e impressões, caixa de obra para compras emergenciais, etc.);
- transporte e alimentação da equipe indireta; uniformes, EPIs (equipamentos de proteção individual);
- ferramentas manuais;
- segurança patrimonial do canteiro (controle de acesso e vigilância);
- instalações provisórias de água e energia;
- fretes;
- caçambas estacionárias para resíduos de construção;
- manutenção de equipamentos, entre outros.

Os custos diretos para a execução de cada serviço de construção civil são calculados pelas **composições de custos unitários**.

A **composição de custos unitários** é definida pela quantidade de material, de horas de equipamento e pelo número de horas de pessoal consumidos para a produção de cada unidade de um determinado serviço, multiplicados respectivamente pelo custo unitário dos materiais, do aluguel horário dos equipamentos e pelo salário-hora dos trabalhadores, devidamente acrescidos dos encargos sociais (TISAKA, 2006).

Para Mattos (2015) as **composições de custos unitários** são tabelas que detalham os diversos insumos utilizados na execução do serviço em questão, seus coeficientes de utilização e, para quantificação do serviço, o custo unitário de cada insumo.

Mattos (2015) define as colunas de uma composição de custos unitários conforme ilustrado no Quadro 14.

Quadro 14– Colunas de uma composição de custos unitários

Insumo	Cada um dos elementos essenciais para produção de determinado produto ou serviço. Os insumos podem ser de mão de obra (pedreiro, servente, azulejista), material (bloco, aço, prego, fio, tubo, cimento) ou equipamento (tratores, rolo, escavadeira, betoneira).
Unidade	Medida de compra/cotação do insumo (kg, m ² , l, t, un)
Índice	Coefficiente de utilização de cada insumo. É a quantidade de insumo utilizada para obtenção de uma unidade do serviço.
Custo unitário	Valor de aquisição da unidade do insumo.
Custo total	Multiplicação do índice pelo custo unitário.

Fonte: Mattos (2015)

As colunas e duas formas de apresentação das composições de custos unitários são ilustradas nas Figuras 37, 38 e 39.

Figura 37– Composição de custos unitários para a produção de um metro quadrado de alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto na espessura de 9 cm

Código / Seq.		Descrição da Composição	Unidade	
01.PARE.ALVE.001/01		ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 9X19X39CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MENOR QUE 6M2 SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2	
Código SIPCI				
87447				
Vigência: 06/2014			Última atualização: 01/2016	
COMPOSIÇÃO				
Item	Código	Descrição	Unidade	Coefficiente
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7200
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3600
I	650	BLOCO VEDACAO CONCRETO 9 X 19 X 39 CM (CLASSE D - NBR 6136)	UN	13,3500
C	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0088
I	34557	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,7850
I	37395	PINO DE AÇO COM FURO, HASTE = 27 MM (AÇÃO DIRETA)	CENTO	0,0094

Fonte: SINAPI (2017)

Figura 38– Composição de custos unitários para produção de um metro quadrado de emboço para parede interna com argamassa mista sem peneirar traço 1:2, espessura 30 mm

Data de referência de preços: 2017/01					
Código: 20.002.000026.SER					
Descrição: Emboço para parede interna com argamassa de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2, e=30 mm					
Quantidade: 1m ²					
Código	Descrição	Un	Coef	Custo Unitário	Total (R\$)
01.021.000001.MOD	Pedreiro	h	0,57	7,53	4,29
01.026.000001.MOD	Servente	h	0,34	6,19	2,10
06.003.000007.SER	Argamassa de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2	m ³	0,03	357,21	10,72
Total					17,11

Fonte: TCPO 14 PINI (2011)

Figura 39– Composição de custos unitários para produção de um metro cúbico de argamassa de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2

Data de referência de preços: 2017/01					
Código: 06.003.000007.SER					
Descrição: Argamassa de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2					
Quantidade: 1m ³					
Código	Descrição	Un	Coef	Custo Unitário	Total (R\$)
01.026.000001.MOD	Servente	h	8,00	6,19	49,52
03.001.000008.MAT	Areia média lavada	m ³	1,22	108,60	132,49
04.001.000001.MAT	Cal hidratada CH III	kg	365,00	0,48	175,20
Total					357,21

Fonte: TCPO 14 PINI (2011)

Para elaboração do presente trabalho foram desenvolvidas as composições de custos unitários dos serviços envolvidos na produção da fachada para cada uma das tecnologias estudadas, cujos resultados estão apresentados nos itens 4.2.2. e 4.3.3.

Para o cálculo dos coeficientes de consumo dos materiais e serviços envolvidos na execução da fachada com cada tecnologia, a referência foi a área total de fachada da torre residencial do empreendimento. Portanto, os consumos calculados de cada

insumo ou serviço referem-se às **quantidades necessárias de cada um deles para produção de um metro quadrado de superfície total de fachada**.

As memórias de cálculo dos coeficientes de consumo unitários de cada insumo ou serviço encontram-se detalhadas nos Apêndices **C**, para a tecnologia tradicional, e, **D**, para tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF.

Os custos pesquisados no mercado para as composições de custos unitários de cada tecnologia são apresentados nos Apêndices **E**, para a tecnologia tradicional, e, **F** para a tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF.

4.2. PLANEJAMENTO E CUSTOS DA PRODUÇÃO DA FACHADA COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL

4.2.1. Planejamento da produção da fachada com a tecnologia tradicional

Como base para o planejamento e levantamento de custos da tecnologia tradicional para produção de fachada deve-se identificar as etapas e atividades que compõem o processo executivo desta tecnologia.

As etapas executivas da tecnologia tradicional para produção de fachada, podem ser agrupadas em:

- execução das vedações verticais externas
- execução dos revestimentos e acabamentos externos da fachada
- colocação dos contramarcos e das esquadrias e dos vidros
- execução dos revestimentos e acabamentos internos nas paredes de fachada

As etapas e atividades abordadas nesta seção se referem exclusivamente à execução da fachada dos pavimentos-tipos da torre residencial (1º ao 25º pavimento) cuja sequência executiva e produtividade compõem o caminho crítico do planejamento da torre residencial, impactando diretamente nos prazos de execução e de entrega da obra.

4.2.1.1. Identificação das atividades

Pelo questionário estruturado apresentado no Apêndice A do trabalho, pôde-se constatar uma convergência entre as práticas adotadas pelas construtoras do mercado para a produção de fachadas por meio do processo construtivo tradicional, tanto quanto à sequência executivas das atividades, como quanto aos procedimentos de trabalho adotados pelas empresas, levando-se em consideração, a interface entre as vedações verticais e os demais os subsistemas da edificação em execução.

As atividades identificadas e o sequenciamento executivo, refletem os procedimentos adotados na execução das oito torres residenciais do empreendimento em estudo, mas, de certa forma, refletem também as práticas adotadas pela maioria das empresas de construção do mercado para a produção de fachadas com a tecnologia tradicional.

Como antecessoras ao início das etapas de produção da fachada, deve-se considerar as seguintes atividades:

- a locação dos elementos construtivos de cada pavimento de acordo com os eixos pré-definidos nos projetos da edificação, antes do início da etapa de execução das vedações verticais externas;
- conferência e mapeamento do alinhamento e do prumo das vedações verticais externas e da superfície da fachada, antes do início das etapas de revestimentos externos e revestimentos internos.

O Quadro 15 identifica as atividades da etapa de execução das vedações verticais externas em blocos cerâmicos e os procedimentos adotados na sequência executiva destas atividades.

Quadro 15– Atividades da etapa de execução das vedações verticais externas em blocos cerâmicos

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Marcação das alvenarias (1ª fiada) (Figura 35 a)	<ul style="list-style-type: none"> - Após a concretagem da laje do 8º pavimento, inicia-se a marcação das alvenarias do 1º pavimento - A marcação das alvenarias é executada com assentamento de uma fiada de blocos com argamassa cimentícia sobre a laje do pavimento, respeitando-se o alinhamento definido na etapa de locação das paredes - Define-se nesta atividade o nivelamento das alvenarias para a sequência da próxima atividade executiva
Elevação das alvenarias até meia altura (Figura 35 b)	<ul style="list-style-type: none"> - As alvenarias são executadas até a altura dos peitoris das esquadrias ou aberturas da fachada, chamada de meia altura - São fixadas as telas para amarração das alvenarias aos elementos estruturais, de acordo com as determinações do projeto executivo de vedações - É aplicada argamassa colante no encontro vertical das alvenarias com os elementos estruturais para fixação lateral das vedações - São executadas as contravergas com a aplicação de graute em blocos do tipo canaleta para estruturação dos vãos das esquadrias ou aberturas - A execução desta primeira etapa das elevações libera as bandejas, grades de proteção, e outros
Elevação das alvenarias até a altura da fixação (Figura 35 c)	<ul style="list-style-type: none"> - As alvenarias são executadas até a cota da fixação superior, conforme determinação do projeto executivo de vedações - No caso do empreendimento em estudo, a abertura máxima indicada para a fixação superior foi de 3 cm
Fixação das alvenarias (Figura 35 d)	<ul style="list-style-type: none"> - Quando são concluídas as elevações do 8º pavimento, inicia-se a fixação das alvenarias 4 pavimentos abaixo, partindo-se do 4º pavimento em direção ao 1º pavimento

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 40 ilustra as atividades da etapa de execução das alvenarias de vedação externas e a sequência executiva descrita no Quadro 15.

Figura 40– Atividades da etapa de execução das alvenarias e sequência executiva das atividades

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a conclusão das alvenarias de vedação externas, incluindo a fixação, iniciam-se as atividades da etapa dos revestimentos externos.

Utilizou-se no empreendimento como plataformas de trabalho para execução dos revestimentos externos balancins do tipo leve e o processo executivo foi composto de *duas subidas e duas descidas* destes equipamentos.

Os revestimentos externos foram executados com chapisco e camada de argamassa, projetados mecanicamente.

O quadro 16 identifica as atividades da etapa de execução dos revestimentos externos na fachada e os procedimentos adotados na sequência executiva destas atividades.

Quadro 16– Atividades da etapa de execução dos revestimentos externos na fachada

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Montagem dos balancins	<ul style="list-style-type: none"> - Instalação das vigas metálicas para suporte dos equipamentos fixadas na laje de cobertura do edifício; - Montagem dos balancins ao nível da laje do pavimento térreo.
Primeira subida dos balancins	<ul style="list-style-type: none"> - Preenchimento de todas as aberturas de fixação ou de assentamento da face externa com argamassa; - Reparos de buracos ou imperfeições nas alvenarias com a mesma argamassa do revestimento externo; - Limpeza das superfícies de concreto mecanicamente com o uso de lixadeira ou manualmente com escova de cerdas de aço, visando a remoção de remanescentes de desmoldante, rebarbas, pontas de ferro, nichos ou outras impurezas existentes; - Mapeamento das fachadas com arames e contrapesos para definição das espessuras dos revestimentos.
Primeira descida dos balancins	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza das bases (estrutura e alvenaria) com utilização de escova de nylon/piaçava e lavagem por hidrojateamento; - Aplicação do chapisco (argamassa de cimento:areia:adesivo base PVA) mecanicamente; - Inspeção visual quanto à ocorrência de fissuras ou outras manifestações patológicas. <p>Nota: A aplicação do chapisco foi iniciada após 30 dias da conclusão das alvenarias de vedação e 120 dias após a conclusão da estrutura de concreto.</p>
Segunda subida dos balancins	<ul style="list-style-type: none"> - Execução de taliscas conforme o mapeamento de níveis executado, com espaçamento máximo entre taliscas, correspondente ao comprimento da régua de sarrafeamento utilizada pelos oficiais especializados em revestimento de fachada.
Segunda descida dos balancins	<ul style="list-style-type: none"> - Execução de mestras verticais entre taliscas contíguas; - Aplicação da argamassa com projeção; - Sarrafeamento e desempenho da argamassa; - Retirada das taliscas; - Execução e tratamento dos frisos horizontais e verticais previstos em projeto; - Requadrção dos vãos de esquadrias; - Execução de pingadeiras e peitoris; conforme projeto; - Aplicação dos reforços nas interfaces alvenaria/estrutura com telas de fibra de vidro, conforme determinações do <i>projeto executivo de fachadas</i>; - Aplicação de reforço adicional nas áreas com espessura excessiva de revestimento, de acordo com as orientações do projeto ou consultor <p>Nota 1: Deve ser obedecido o tempo de cura do chapisco de 72 horas, antes do início da aplicação da argamassa.</p> <p>Nota 2: Deve ser realizada a inspeção visual para verificação da ocorrência de fissuras (mapeadas ou geométricas).</p> <p>Nota 3: Devem ser verificadas as condições de aderência (teste de percussão), de dureza (teste do risco), complementadas por testes de arrancamento do revestimento em argamassa.</p>

Continua

Conclusão

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Desmontagem dos balancins	- Desmontagem e desmobilização dos balancins

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a fixação das alvenarias de vedação externas pode ser iniciado o revestimento interno.

O quadro 17 identifica as atividades da etapa de execução dos revestimentos e acabamentos internos nas paredes da fachada e os procedimentos adotados na sequência executiva destas atividades.

Quadro 17– Atividades da etapa de execução dos revestimentos e acabamentos internos nas paredes da fachada

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Limpeza	- Limpeza superficial e regularização das irregularidades com argamassa de revestimento interno.
Taliscas e mestras	- Execução das faixas mestras e taliscas para referenciar a posição final da superfície a revestir.
Fixação dos contramarcos	- Posicionamento, chumbamento e fixação de contramarcos.
Preparação das superfícies com chapisco	- Aplicação de chapisco rolado de cimento:areia:adesivo como base para o revestimento em pasta de gesso; - Aplicação de chapisco convencional de cimento:areia nos panos de alvenarias e chapisco com argamassa colante industrializada nas peças estruturais de concreto armado como base para o revestimento em argamassa;
Revestimentos	- Execução do revestimento interno em pasta de gesso como base para a pintura; - Execução do revestimento em argamassa como base para o revestimento em placas cerâmicas; - Assentamento e rejuntamento das placas cerâmicas.
Acabamento	- Aplicação de pintura látex PVA com retoques de massa corrida PVA sobre o revestimento em pasta de gesso ou massa única. Nota: Para aplicação da pintura sobre massa única deve se aguardar o prazo mínimo de 28 dias.

Fonte: Elaborado pelo autor

Após o período mínimo de 28 dias para a cura da camada de argamassa dos revestimentos externos e finalização do período de testes na fachada, pode-se iniciar o serviço de acabamento da fachada com aplicação de textura acrílica.

O serviço de aplicação de textura acrílica em fachadas é executado com a utilização de cadeirinhas suspensas, em geral, fornecidas pela própria empresa contratada para execução deste tipo de serviço. O serviço normalmente é contratado por empreitada com fornecimento dos materiais, da mão de obra especializada, das ferramentas e dos equipamentos por conta da empresa contratada.

O quadro 18 identifica as atividades da etapa de execução do acabamento da fachada com aplicação de textura acrílica.

Quadro 18– Atividades da etapa de execução do acabamento da fachada com aplicação de textura acrílica

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Preparação e acabamento das requadrações das esquadrias e aberturas da fachada (golas)	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de fundo preparador e selador em faixas nas requadrações dos vãos dos caixilhos e aberturas das fachadas (golas); - Aplicação de textura acrílica em faixas nas requadrações das esquadrias e aberturas da fachada (golas).
Fixação das esquadrias de alumínio	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionamento, fixação, vedação e calafetação das esquadrias de alumínio; - Aplicação de camada de proteção em vaselina nas esquadrias de alumínio.
Aplicação da textura acrílica	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de fundo preparador e selador nos panos e faixas das fachadas; - Aplicação da textura acrílica nos panos e faixas das fachadas. <p>Nota: são consideradas faixas as superfícies da fachada com largura de base ou altura menores do que 50 cm</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 19 apresenta o resumo das etapas, sub-etapas e atividades executivas do processo tradicional de produção de fachadas.

Quadro 19– Quantidade de etapas, sub-etapas e atividades no processo tradicional de produção de fachada

Etapas	Sub-etapas	Atividades nas sub-etapas
1- Vedações verticais externas	4	7
2- Revestimentos internos	5	8
3- Revestimentos externos	6	20
4- Acabamentos internos	1	1
5- Acabamento externo	1	6
5	17	42

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1.2. Sequência executiva e dependências entre as atividades

Com relação à sequência executiva, uma característica intrínseca ao processo tradicional é a inter-relação e interdependência entre as atividades, onde uma atividade só pode ser iniciada após a conclusão de sua atividade antecessora, ou ainda, a observância dos prazos de conclusão de outros subsistemas da edificação para que se iniciem algumas das etapas executivas.

Deve-se citar ainda, os prazos técnicos para cura de algumas das etapas para que possa iniciar as atividades da etapa subsequente.

No que se refere ao planejamento, deve-se avaliar os prazos a partir do início da execução da estrutura primária da edificação. Com base nos prazos de produção planejados para a execução da estrutura, o planejamento das etapas subsequentes é dimensionado em ciclos de produção, buscando-se organizar a sequência executiva nas frentes de trabalho e estabilizar a produção dos serviços.

Em geral, são estabelecidos ciclos ou metas semanais, quinzenais ou mensais de produção para todas as atividades envolvidas nas etapas de produção.

O gráfico 1 apresenta o planejamento do processo tradicional somente as atividades diretamente relacionadas à produção da fachada e com aquelas cujo início se relaciona ou depende de alguma forma da evolução das atividades de produção da fachada. O gráfico 2 apresenta o diagrama de linhas de balanço do planejamento.

Gráfico 1– Diagrama de Gantt das etapas de produção de fachada com a tecnologia tradicional

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2– Diagrama de linhas de balanço (LOB) com o planejamento das atividades de produção de fachada pelo processo tradicional

Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo gráfico de Gantt³¹ (Gráfico 1) e pelo diagrama das linhas de balanço (Gráfico 2) tem-se com a utilização tecnologia tradicional para produção da fachada, um prazo total planejado de cerca de **583 dias corridos** ou **19,4 meses** para a conclusão da torre residencial desde o início da execução da estrutura primária do edifício.

4.2.1.3. Produtividade e utilização de recursos de mão de obra

Tomando-se os quantitativos de serviços envolvidos na produção da fachada pelo processo construtivo tradicional apresentados no Apêndice C do trabalho e aplicando-se à estes serviços os índices de produtividade praticados pelo mercado, pode-se estimar o consumo dos recursos de mão de obra em Hh (homens-hora) consumidas para execução das atividades de produção.

A produtividade apresentada no trabalho refere-se somente aos profissionais envolvidos na efetiva execução dos serviços, excluindo-se o consumo de Hh para transportes horizontais e verticais dos materiais até os pontos de consumo nos pavimentos da edificação.

Será apurado o consumo total de Hh somente para aqueles serviços que se diferem entre a tecnologia tradicional e a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF. Os serviços comuns às duas tecnologias serão desconsiderados, pois, o consumo de Hh será similar, a saber: pintura interna, textura acrílica aplicada na fachada e revestimento interno em placas cerâmicas.

Os índices de produtividade adotados e o consumo total estimado de Hh para produção da fachada pelo processo tradicional são apresentados no Quadro 20.

³¹ O diagrama de Gantt, desenvolvido pelo engenheiro mecânico Henry Gantt em 1917, é um gráfico usado para ilustrar o avanço das diferentes etapas de um projeto. Os intervalos de tempo representando o início e o fim de cada fase aparecem como barras coloridas sobre o eixo horizontal do gráfico

Quadro 20– Índices de produtividade e consumo total estimado de Hh para as atividades de produção da fachada pelo processo tradicional

Serviços	Un	Quant total	Produtividade ³² (Hh/un)	Total de Hh
Alvenaria em bloco cerâmico 19 cm	m²	2.299,94	1,30	2.989,92
Alvenaria em bloco cerâmico 14 cm	m²	1.881,76	1,22	2.295,74
Chapisco externo cimento:areia	m²	3.346,94	0,20	669,39
Chapisco externo colante	m²	3.474,48	0,30	1.042,34
Massa única em fachada	m²	6.821,41	1,26	8.594,98
Colocação de telas de reforço entre alvenarias e estrutura	m	4.106,21	0,05	205,32
Execução de frisos em fachadas	m	1.268,27	ND	-
Regularização e tratamento de frisos em fachadas	m	1.205,76	ND	-
Chumbamento e arremate de contramarcos em alumínio (Nota 1)	m²	1.205,76	1,56	1.880,99
Chapisco interno cimento:areia sobre alvenarias	m²	815,14	0,20	163,03
Chapisco interno colante sobre concreto	m²	2.248,16	0,30	674,45
Chapisco aplicado a rolo sobre alvenarias	m²	3.740,75	0,45	1.683,34
Massa interna 2,0 cm	m²	2.157,17	0,91	1.963,02
Revestimento em pasta de gesso	m²	4.646,88	0,50	2.323,44
Preparo de argamassa industrializada para assentamento dos blocos das alvenarias (Nota 1)	m³	90,60	4,89	443,03
Preparo de argamassa para chapisco convencional cimento:areia (Nota 1)	m³	20,81	3,76	78,25
Preparo de argamassa para chapisco rolado (Nota 1)	m³	18,70	4,33	80,97
Preparo de chapisco colante industrializado (Nota 1)	m³	28,61	6,34	181,39
Preparo de argamassa industrializada para revestimentos (Nota 1)	m³	316,00	4,89	1.545,24
Consumo total estimado de Hh				26.814,84
Nota 1: Índices de produtividade do SINAPI (2017)				
ND: índices não disponíveis na literatura técnica consultada.				

Fonte: TCPO 14 PINI (2011); SINAPI (2017)

4.2.1.4. Insumos utilizados para produção da fachada com a tecnologia tradicional

Os insumos abrangem os materiais e os serviços utilizados na execução da fachada com a tecnologia tradicional. A quantidade de insumos impacta diretamente no

³² Índices de produtividade conforme TCPO 14 da Editora PINI (2011) ou SINAPI (2017)

planejamento das aquisições de materiais e contratações dos serviços necessários (cronogramas de suprimentos ou contratações), bem como, no consumo de horas técnicas dos profissionais de compras para as operações de coleta de preços, equalizações de processos, rodadas de negociação, definição das empresas vencedoras dos processos de concorrência e trâmites burocráticos das contratações (geração de pedidos, elaboração e assinatura de contratos, etc.).

Deve-se considerar também que a quantidade de insumos interfere diretamente nas operações do canteiro, desde o recebimento, conferência e estocagem dos materiais, até os transportes horizontal e vertical até os pontos de utilização dos insumos.

O Quadro 21 apresenta a quantidade total de insumos (materiais e serviços) para execução da fachada com a tecnologia tradicional obtida pela contagem dos insumos listados no Apêndice E.

Quadro 21- Quantidade total de insumos para execução da fachada com a tecnologia tradicional

Grupo de insumos	Total de insumos
Blocos e peças cerâmicas	11
Telas e pinos para amarração das alvenarias	3
Argamassas industrializadas e graute usinado	7
Mão de obra empreitada para execução das alvenarias	2
Cimento, areia e adesivo para argamassas	3
Tela de reforço e impermeabilizante para frisos	2
Mão de obra empreitada para revestimentos e acabamentos externos Revestimento externo em argamassa (1), textura externa (1), revestimento interno em argamassa (1), revestimento cerâmico interno (1), revestimento em pasta de gesso (1) e pintura interna (1)	6
Esquadrias de alumínio e vidros	6
Mão de obra empreitada para revestimentos e acabamentos internos	5
Empreitada para revestimento em pasta de gesso	1
Placas cerâmicas para revestimento interno	1
Pinturas externas	2
Total de insumos (materiais e mão de obra)	49

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1.5. Logística e transportes no canteiro de obras

Em relação à logística do canteiro de obras, serão avaliados dois tópicos:

- Estocagem de materiais e componentes
- Estimativa de fretes e transporte vertical dos materiais

Mesmo com planejamento no modelo *just in time*³³ utilizado na gestão do empreendimento, o sistema tradicional demanda áreas apreciáveis para estocagem dos materiais no canteiro.

Na execução do empreendimento, definiu-se como estratégia no planejamento, trabalhar-se com estoque de materiais ou componentes suficientes para suprir a produção de três pavimentos-tipos, além daqueles que se encontrasse em execução, como margem de segurança e manobra em caso de algum desabastecimento pontual de algum dos produtos principais pelo mercado, pois, atravessava-se um momento de mercado bastante aquecido e este risco realmente existia.

As Figuras 41, 42, 43 e 44 ilustram algumas áreas de estocagem do empreendimento.

Figura 41– Estocagem de blocos e peças cerâmicas em subsolo

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC - SP – SCHAHIN (2009)

³³ *Just in time* é um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata. Pode ser aplicado em qualquer organização, para reduzir estoques e os custos decorrentes.

Figura 42– Estocagem de materiais ensacados em subsolo

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC - SP – SCHAHIN (2009)

Figura 43– Estocagem de blocos e peças cerâmicas no pavimento-tipo

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC - SP – SCHAHIN (2009)

Figura 44– Estocagem de material a granel em baias na área externa

Fonte: Arquivo do autor – Obra Arcadia – SBC - SP – SCHAHIN (2009)

A Figura 45 demonstra a área necessária para estocagem dos principais materiais para produção de três pavimentos-tipos da torre residencial.

Figura 45– Área necessária para estocagem dos principais materiais para produção da fachada de três pavimentos da torre residencial (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor

Complementando, o Quadro 22 traz a estimativa de fretes e a quantidade aproximada de subidas de guincho cremalheira para transporte dos principais materiais utilizados até os locais de aplicação, considerando-se as quantidades totais para as oito torres residenciais do condomínio.

Quadro 22– Quantidades estimadas de fretes para entrega dos materiais no canteiro e subidas de guincho cremalheira para transporte dos principais materiais até os locais de produção da torre residencial

Insumo ou Componente	Quantidades Estimadas	
	Fretes (vg)	Subidas de Guincho Cremalheira (un)
Bloco cerâmico 19 cm e complementos <i>Total estimado: 21.600 pç</i> <i>Peso total estimado: 183.600 kg</i> <i>Total por viagem (caminhão-truck): 1.344 pç</i>	17	136
Bloco cerâmico 14 cm e complementos <i>Total estimado: 21.400 pç</i> <i>Peso total estimado: 144.450 kg</i> <i>Total por viagem (caminhão-truck): 1.920 pç</i>	11	107
Argamassa assentamento/revestimentos <i>Total estimado: 20.103 sc com 40 kg</i> <i>Peso total estimado: 804.133 kg</i> <i>Total sacos por viagem (caminhão-truck): 350 sc</i>	57	596
Gesso em pó para revestimento <i>Total estimado: 1.858 sc com 40 kg</i> <i>Peso total estimado: 74.336 kg</i> <i>Total sacos por viagem (carreta): 700 sc</i>	3	55
TOTAL ESTIMADO	88	894
Fretes: quantidade de viagens para entrega dos materiais		
Subidas de guincho cremalheira: transporte vertical dos materiais aos pavimentos		

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1.6. Equipamentos utilizados

Os principais equipamentos utilizados no empreendimento para produção da fachada pelo sistema tradicional foram os seguintes:

- Guincho cremalheira - transporte vertical dos materiais até os locais de consumo ou de produção;
- 4 misturadores de argamassa alocados em pavimentos estratégicos da torre - produção e distribuição das argamassas às frentes de trabalho em andamento;
- Sistema de projeção completo com 12 mangueiras - aplicação dos revestimentos externos em argamassa cimentícia;
- 58 balancins do tipo leve - plataformas de trabalho para execução dos revestimentos externos;
- Carrinhos, jericas e plataformas - transporte horizontal dos materiais paletizados (blocos cerâmicos) ou materiais ensacados;
- Ferramentas manuais.

4.2.2. CUSTOS DA TECNOLOGIA TRADICIONAL PARA PRODUÇÃO DE FACHADA

Os custos da tecnologia tradicional para produção de fachada estão apresentados na mesma ordem dos levantamentos apresentados no Apêndice C, em que se determinou os coeficientes de consumo de todos os materiais e serviços utilizados para a composição desta tecnologia, organizados de acordo com suas etapas executivas dentro do planejamento da produção, quais sejam:

- Alvenarias de vedação externa
- Revestimentos externos em argamassa
- Esquadrias de alumínio e vidros
- Revestimentos internos das paredes de fachada
- Mão de obra empreitada para execução dos revestimentos externos das paredes da fachada

No presente capítulo apresentam-se somente os quadros resumo das composições de custos dos insumos de cada etapa executiva.

Os custos unitários dos materiais e serviços utilizados nas composições de custos unitários da tecnologia tradicional encontram-se detalhados no Apêndice E do trabalho.

4.2.2.1. Custos das alvenarias de vedação externas

As composições de custos unitários dos materiais e da mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas são apresentadas nos Quadros 23 ao 26, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice E.

Quadro 23– Composição de custos unitários dos blocos e peças cerâmicas complementares das alvenarias de vedação externas (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Bloco inteiro 19x19x39 cm	un	2,049	2,16	4,43
½ Bloco 19x19x19 cm	un	0,797	1,58	1,26
Compensador 9x19x19 cm	un	0,128	1,00	0,13
Compensador 4x19x19 cm	un	0,103	0,80	0,08
Canaleta inteira 19x19x39 cm	un	0,154	2,65	0,40
½ Canaleta 19x19x19 cm	un	0,013	1,95	0,03
Bloco inteiro 14x19x39 cm	un	2,021	1,75	3,54
½ Bloco 14x19x19 cm	un	0,842	1,17	0,99
Compensador 9x14x19 cm	un	0,145	0,85	0,12
Compensador 4x14x19 cm	un	0,380	0,55	0,21
Canaleta inteira 14x19x39 cm	un	0,138	2,80	0,39
Custo total (R\$/m² fachada)				11,58

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 24– Composição de custos unitários das telas e pinos de aço para amarração das alvenarias de vedação com os elementos estruturais (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Tela galvanizada 17,5x50 cm	pç	0,416	1,06	0,44
Tela galvanizada 12,0x50 cm	pç	0,483	1,92	0,93
Pino de aço galvanizado	un	1,737	0,33	0,57
Custo total (R\$/m² fachada)				1,94

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 25– Composição de custos unitários do graute para contravergas e das argamassas para fixação das alvenarias e assentamento dos blocos cerâmicos (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Argamassa colante	kg	0,404	0,95	0,38
Graute usinado FgK 15 MPa	m³	0,004	235,24	0,94
Argamassa de assentamento	kg	8,778	0,21	1,84
Argamassa expansível	kg	1,303	0,84	1,09
Custo total (R\$/m² fachada)				4,25

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 26– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas (base: dez/16)

Mão de obra	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas, incluindo: marcação, elevação, contravergas, colocação de pinos e telas e fixação das alvenarias	m²	0,506	32,00	16,19
Custo total (R\$/m² fachada)				16,19

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.2. Custos dos revestimentos externos em argamassa e acabamento da fachada

As composições de custos unitários dos materiais e da mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas são apresentadas nos Quadros 27 ao 29, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice E.

Quadro 27– Composição de custos unitários dos materiais para execução dos revestimentos externos em argamassa na fachada (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Cimento CP-II-32	kg	1,196	0,35	0,42
Areia média lavada	m³	0,003	105,00	0,32
Adesivo base PVA para chapisco	kg	0,066	7,49	0,49
Argamassa colante industrializada para chapisco	kg	1,824	0,95	1,73
Argamassa industrializada para revestimento externo	kg	79,947	0,21	16,79
Tela de fibra de vidro malha 10x10 mm	m²	0,231	6,34	1,46
Impermeabilizante para tratamento de frisos	kg	0,049	21,00	1,03
Custo total (R\$/m² fachada)				22,24

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 28– Composição de custos unitários de mão de obra para execução dos revestimentos externos em argamassa na fachada (base: dez/16)

Mão de obra	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m ²) A x B
M.O. empreitada para limpeza, fixação e chapisco externo sobre alvenarias - panos	m ²	0,398	24,00	9,55
M.O. empreitada para limpeza, fixação e chapisco externo sobre concreto - panos	m ²	0,408	24,00	9,79
M.O. empreitada para limpeza, fixação e chapisco externo sobre alvenarias – faixas até 50 cm	m	0,013	9,00	0,12
M.O. empreitada para limpeza, fixação e chapisco externo sobre concreto – faixas até 50 cm	m	0,025	9,00	0,23
M.O. empreitada para massa externa em alvenarias/concreto - panos	m ²	0,806	41,00	33,05
M.O. empreitada para massa externa em alvenarias/concreto – faixas até 50 cm	m	0,038	20,50	0,78
Custo total (R\$/m² fachada)				53,52

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 29– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução de serviços complementares e aplicação de textura acrílica na fachada (base: dez/16)

Mão de obra	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m ²) A x B
M.O. empreitada para colocação das telas entre alvenaria e estrutura	m	0,497	8,00	3,98
M.O. empreitada para execução de frisos em fachadas	m	0,153	19,00	2,91
M.O. empreitada para regularização e tratamento de frisos em fachadas	m	0,153	12,50	1,91
M.O. empreitada para chumbamento e arremate de contramarcos em alumínio	m ²	0,146	10,00	1,46
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada - panos	m ²	0,806	17,00	13,70
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – faixas até 50 cm	m	0,038	8,50	0,32
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – requadrações nos vãos	m	0,368	8,50	3,13
Custo total (R\$/m² fachada)				27,41

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.3. Custos das esquadrias de alumínio e dos vidros

As composições de custos unitários das esquadrias de alumínio e dos vidros da fachada são apresentadas nos Quadros 30 e 31, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice E.

Quadro 30– Composição de custos unitários das esquadrias de alumínio da fachada (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Portas em alumínio para receber vidro	m²	0,059	530,00	31,27
Janelas simples em alumínio para receber vidro	m²	0,032	430,00	13,76
Janelas 3 folhas de correr tipo dormitório	m²	0,055	580,00	31,90
Custo total (R\$/m² fachada)				76,93

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 31– Composição de custos unitários dos vidros da fachada (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Vidro liso tipo fantasia (janelas dos banheiros)	m²	0,025	32,00	0,80
Vidro liso comum 6 mm (janelas e módulos superiores de portas)	m²	0,064	42,00	2,69
Vidro laminado comum 6 mm (módulos inferiores de portas)	m²	0,030	81,00	2,43
Custo total (R\$/m² fachada)				5,92

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.4. Custos dos revestimentos e acabamentos internos das paredes da fachada

As composições de custos unitários dos materiais e da mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos e acabamentos internos das paredes da

fachada são apresentadas nos Quadros 32 ao 34, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice E.

Quadro 32– Composição de custos unitários dos materiais para execução dos revestimentos e acabamentos internos das paredes da fachada (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m ²) A x B
Cimento CP-II-32	kg	0,991	0,35	0,35
Areia média lavada	m ³	0,0036	105,00	0,38
Adesivo para argamassa	kg	0,072	9,44	0,68
Argamassa colante industrializada para chapisco	kg	1,197	0,95	1,14
Argamassa colante industrializada para assentamento tipo AC I	kg	0,467	0,27	0,13
Argamassa industrializada para revestimento interno	kg	8,554	0,21	1,80
Placas cerâmicas 20x30 cm	m ²	0,103	20,00	2,06
Rejunte cimentício industrializado	kg	0,047	4,38	0,21
Custo total (R\$/m² fachada)				6,75

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 33– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos das paredes da fachada (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m ²) A x B
M.O. empreitada para chapisco interno sobre alvenarias - panos	m ²	0,099	5,00	0,50
M.O. empreitada para chapisco interno sobre concreto - panos	m ²	0,272	5,00	1,36
M.O. empreitada para chapisco aplicado a rolo sobre alvenarias - panos	m ²	0,453	3,50	1,59
M.O. empreitada para massa interna 2,0 cm - panos	m ²	0,261	26,00	6,79
Empreitada para revestimento em pasta de gesso sarrafeado – materiais e mão de obra	m ²	0,562	23,00	12,93
Custo total (R\$/m² fachada)				23,17

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 34– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução dos acabamentos internos das paredes da fachada (base: dez/16)

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m ²) A x B
M.O. empreitada para revestimento interno em placas cerâmicas, inclusive rejuntamento	m ²	0,118	29,00	3,42
Empreitada para aplicação de látex PVA com retoques de massa corrida PVA sobre gesso	m ²	0,563	11,50	6,47
Empreitada para aplicação de látex PVA com massa corrida PVA sobre massa única	m ²	0,113	15,00	1,70
Custo total (R\$/m² fachada)				11,59

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.5. Custos dos equipamentos de apoio para a produção da fachada

Além dos custos de materiais e mão de obra empreitada para execução dos serviços envolvidos na produção da fachada, devem ser levados em consideração os custos com os equipamentos de apoio, utilizados exclusivamente para sua execução.

Serão apresentados os custos dos seguintes equipamentos de apoio:

- Balancins do tipo leve como plataformas de trabalho para execução dos revestimentos externos;
- Misturadores localizados nos pavimentos da edificação para produção de argamassas, e;
- Equipamento para projeção de argamassa na fachada.

Não serão levantados os custos para o transporte vertical dos materiais ensacados até os pavimentos de produção das argamassas por elevador de carga tipo cremalheira ou similar, por se tratar de equipamento de uso comum à diversas frentes de trabalho no canteiro, por ser um custo de difícil apuração, e que, na visão do autor, não deve representar uma distorção significativa na composição dos custos referentes de produção de fachada apresentados no presente trabalho.

4.2.2.5.1. Custos com a locação de balancins do tipo leve

Para a composição dos custos com a locação dos balancins tipo leve, serão adotadas as premissas observadas no acompanhamento da execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento e os custos praticados de acordo com a experiência de campo do autor, a saber:

- Quantidade de equipamentos utilizados: 58 conjuntos de balancins do tipo leve com catraca dupla, cabos de aço de sustentação e vigas metálicas, fixadas na laje de cobertura da edificação (Figura 46);
- Período médio de locação para execução das fachadas das torres residenciais: 5 meses;
- Os revestimentos externos na região dos terraços dos apartamentos foram executados com plataformas de trabalho apoiadas diretamente sobre as lajes dos terraços.

Figura 46- Distribuição dos balancins para execução dos revestimentos externos na fachada da torre residencial (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 47 indica a estrutura de madeira executada para fixação das vigas metálicas dos balancins junto à laje de cobertura da edificação.

Figura 47- Fixação das vigas metálicas dos balancins na laje de cobertura (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando-se como base o período de locação de cinco meses, considerando-se os custos praticados no mercado para montagem e operação dos equipamentos, chega-se à composição de custo pela utilização dos balancins, conforme Quadro 35.

Quadro 35– Custo total com a locação de balancins do tipo leve para execução dos revestimentos externos da fachada (base: dez/16)

Item	Un	Quant	Unitário	Total (R\$)
Montagem dos balancins com ART	vb	1	12.000,00	12.000,00
Desmontagem dos balancins	vb	1	6.100,00	6.100,00
Consumíveis: madeira, pregos, fixações, tela de nylon e manutenção	vb	1	48.500,00	48.500,00
Custo de locação mensal dos 58 conjuntos de balancins	mês	5	9.300,00	46.500,00
Custo total com a locação de balancins (R\$)				113.100,00

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.5.2. Custos com a locação de misturadores de argamassa e equipamento para projeção mecânica de argamassa nos revestimentos externos da fachada

A camada de argamassa do revestimento externo das torres residenciais do empreendimento foi executada por meio de projeção mecânica, tendo sido utilizados em cada torre:

- Quatro misturadores de argamassa, distribuídos em pavimentos estratégicos ao longo da evolução dos serviços;
- Doze conjuntos completos para projeção de argamassa com compressor, mangueira e canecas de projeção (quatro conjuntos para cada fachada lateral e dois conjuntos para as fachadas frontal e posterior da torre);
- Um prazo médio de quatro meses de locação.

Tomando-se como base o período de locação de quatro meses, chega-se à composição de custo com a locação dos equipamentos para produção e projeção de argamassa para o revestimento externo, conforme Quadro 36.

Quadro 36- Custos com locação de misturadores e sistema de projeção de argamassa (base: dez/16)

Item	Un	Quant	Unitário	Total (R\$)
Locação de misturador de argamassa: 4 misturadores durante 4 meses	mês	16	630,00	10.080,00
Locação de equipamento para projeção de argamassa completo com compressor, mangueira e caneca de projeção: 12 conjuntos durante 4 meses	mês	48	560,00	26.880,00
Sistema de abastecimento de argamassa: funil, abraçadeiras e cordas	m ²	7.060,46	3,40	24.005,56
Custo total com misturadores e sistema de projeção de argamassa (R\$)				60.965,56

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2.6. *Custo com o consumo de água para o preparo das argamassas cimentícias e da pasta de gesso*

Tomando-se por base os quantitativos de materiais calculados no Apêndice C, do presente trabalho, obtém-se as quantidades totais de argamassas cimentícias para assentamento ou revestimento e argamassas colantes para execução da fachada da torre residencial apresentadas no Quadro 37.

Quadro 37– Quantidades totais de argamassas cimentícias para execução da fachada de acordo com os quantitativos calculados no Apêndice C

Produto	Quantidade total para execução da fachada (kg)
Argamassa industrializada ensacada para assentamento de blocos, revestimentos internos e revestimentos externos	804.133,50
Argamassa colante industrializada para chapisco ou para assentamento de placa cerâmicas	32.173,11

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação ao consumo em massa de gesso em pó para o revestimento interno em pasta de gesso, considerando-se que o processo de aplicação com gesso sarrafeado, recorreu-se a estudo recente de Souza (2009), que indica o consumo mediano efetivo de 16kg de pó de gesso por metro quadrado para o revestimento executado por este processo de aplicação (Quadro 38).

Quadro 38– Quantidade total de gesso em pó para o revestimento interno em pasta de gesso

Área total de revestimento interno em pasta de gesso (m ²) A	Consumo mediano de pó de gesso por área de revestimento sarrafeado (kg/m ²) B	Quantidade total de pó de gesso para revestimento interno em pasta de gesso (kg) A x B
4.646,88	16,0	74.350,08

Fonte: Elaborado pelo autor

Optou-se por desconsiderar o consumo de água para o preparo de chapisco convencional de cimento e areia, argamassa expansível para fixação das alvenarias e rejunte cimentício para acabamento das juntas das placas de revestimento cerâmico.

Para se estimar o consumo de água para o preparo das argamassas cimentícias e da pasta de gesso, optou-se por utilizar os consumos de água indicados pelos fabricantes dos produtos, tendo-se obtido os dados apresentados no Quadro 39.

Quadro 39- Consumo de água para ao preparo de argamassas cimentícias e pasta de gesso indicados pelos fabricantes dos produtos

Produto	Consumo de água indicado pelo fabricante	Consumo de água adotado (l/kg)
Argamassa cimentícia para assentamento ou revestimentos ⁽¹⁾	3,0 a 3,2 l por saco de 20kg	0,16
Argamassa colante para chapisco ou assentamento de placas cerâmicas ⁽²⁾	4,0 l por saco de 20kg	0,20
Gesso em pó para revestimento em pasta de gesso ⁽³⁾	1,0 l para cada kg de gesso	1,00

Fontes: ⁽¹⁾ Votomassa (2016); ⁽²⁾ Weber-Quartzolit (2016); ⁽³⁾ Argos (2016)

Com base nos dados apontados nos Quadros 38 e 39, pode-se estimar o volume total de água para preparo das argamassas cimentícias e da pasta de gesso (Quadro 40).

Quadro 40– Volume total de água para preparo das argamassas cimentícias e de pasta de gesso da torre residencial

Produto	Quantidade total de produto seco (kg)	Consumo de água para preparo da argamassa ou pasta de gesso (l/kg)	Consumo total de água (l)
Argamassa cimentícia para assentamento ou revestimentos	804.133,50	0,16	128.661,36
Argamassa colante para chapisco ou assentamento de placas cerâmicas	32.173,11	0,20	6.434,62
Gesso em pó para revestimento em pasta de gesso	74.350,08	1,00	74.350,08
Consumo total de água para preparo das argamassas cimentícias e pasta de gesso (l)			209.446,06

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no consumo total de água calculado para o preparo das argamassas cimentícias e da pasta de gesso, obtém-se o seguinte custo total, conforme demonstrativo abaixo:

- Consumo total de água para preparo das argamassas cimentícias e da pasta de gesso: **209,44 m³**
- Custo unitário do abastecimento de água e esgoto³⁴ - base: dez/16: **R\$ 17,50/m³**
- Custo total com consumo de água: **R\$ 3.665,20**

4.2.2.7. Custo com a instalação das telas de proteção para a fachada

Como último componente de custo no processo tradicional de produção de fachadas a ser destacado no presente trabalho, tem-se a instalação das telas de nylon para proteção das fachadas contra quedas de ferramentas, detritos e argamassa, previstas no item 18.13.9 da Norma Regulamentadora 18 - NR-18 do Ministério do Trabalho.

O Quadro 41 apresenta o custo unitário para a instalação das telas de proteção na fachada.

Quadro 41– Composição do custo unitário para a instalação das telas de proteção da fachada (base: dez/16)

Item	Un	Quant	Custo unitário	Total (R\$/m ²)
Mão de obra para instalação de telas em fachadas	m ²	1,00	4,00	4,00
Corda de nylon ½" para amarrações e costura	m	0,05	5,00	0,25
Tela de nylon tipo mosquito reforçada para proteção de fachadas	m ²	1,20	4,00	4,80
Custo total das telas de proteção da fachada (R\$/m²)				9,05

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base no custo unitário do serviço de instalação de telas de proteção da fachada, obtém-se o custo total deste serviço, sendo:

- Área total de telas para proteção da fachada da torre residencial: 102,00 m (perímetro) x 71,70 m (altura) = **7.313,40 m²**
- Custo unitário do serviço de instalação de telas de proteção da fachada - base: dez/16: **R\$ 9,05/m²**

³⁴ Tarifa praticada pela Sabesp para a Grande São Paulo, base: dez/16 para consumidores comerciais na faixa de consumo entre 11 a 20 m³ por mês.

- Custo total com telas de proteção da fachada: **R\$ 66.186,27**

4.2.2.8. Resumo dos custos para a produção da fachada com a tecnologia tradicional

Com base nos custos apresentados nos itens 4.2.2.1. a 4.2.2.8., pode-se calcular o custo total para execução da fachada de uma torre residencial do empreendimento, ressaltando-se que esses custos englobam o pavimento térreo, os vinte e cinco pavimentos-tipos e a platibanda na periferia da laje de cobertura do 25º pavimento-tipo.

O Quadro 42 apresenta o cálculo do custo total para execução da fachada da torre residencial.

Quadro 42– Custo total para execução da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional (base: dez/16)

Componente	Custo unitário por área total de fachada (R\$/m²) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Custo total para execução da fachada (R\$) A x B
Alvenarias de vedação externas			280.720,84
Blocos e peças cerâmicas das alvenarias de vedação externas	11,58	8.266,22	95.722,83
Telas e pinos de aço para amarração das alvenarias de vedação com os elementos estruturais	1,94		16.036,47
Graute para contravergas e argamassas para fixação das alvenarias e assentamento dos blocos cerâmicos	4,25		35.131,44
Mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação	16,19		133.830,10
Revestimentos externos			852.825,91
Materiais para execução dos revestimentos externos	22,24	8.266,22	183.840,73
Mão de obra empreitada para execução dos revestimentos externos	53,52		442.408,09
Mão de obra empreitada para serviços complementares e aplicação de textura acrílica na fachada	27,41		226.577,09

Continua

Conclusão			
Componente	Custo unitário por área total de fachada (R\$/m²) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Custo total para execução da fachada (R\$) A x B
Esquadrias de alumínio e vidros			684.856,32
Esquadrias de alumínio	76,93	8.266,22	635.920,30
Vidros das esquadrias	5,92		48.936,02
Revestimento interno das paredes da fachada			343.130,79
Materiais para execução dos revestimentos e acabamentos internos das paredes da fachada	6,75	8.266,22	55.796,99
Mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos das paredes da fachada	23,17		191.528,31
Mão de obra empreitada para execução dos acabamentos internos das paredes da fachada: cerâmica e pintura	11,59		95.805,49
Equipamentos auxiliares			174.065,56
Custo com a locação de balancins do tipo leve para execução dos revestimentos externos	13,68	8.266,22	113.100,00
Custos com locação de misturadores e sistema de projeção de argamassa para o revestimento externo	7,38		60.965,56
Consumo de água para preparo de argamassas e pasta de gesso			3.665,20
Custo com consumo de água para o preparo das argamassas e pasta de gesso	0,44	8.266,22	3.665,20
Tela de proteção da fachada			66.186,27
Custo das telas de proteção da fachada	8,00	8.266,22	66.186,27
Custo unitário (R\$/m²) e custo total para execução da fachada da torre residencial (R\$)	291,00		2.405.450,89

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base nos custos para execução da fachada da torre residencial apresentados no Quadro 42, pode-se calcular a participação de cada etapa ou atividade de produção no custo total para execução da fachada da torre residencial (Gráfico 1).

Gráfico 3– Participação das etapas e atividades de produção na composição do custo total da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda com base nas informações apresentadas no Quadro 42, pode-se estabelecer outra composição referente à participação dos tipos de insumos no custo total para execução da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional (Quadro 43).

Quadro 43– Participação dos tipos de insumos no custo total para execução da fachada da torre residencial com a tecnologia tradicional

Tipo de insumo	Participação no custo total da fachada
Mão de obra	45,3%
Esquadrias e vidros	28,5%
Materiais	19,0%
Equipamentos	7,2%

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, pode-se calcular a participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais no custo total do empreendimento (Quadro 44).

Quadro 44– Participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento pela tecnologia tradicional no custo total para execução do empreendimento (base: dez/16)

Custo total para execução do empreendimento:	R\$ 205.628.075,70 ³⁵	[A]
Custo total para execução da fachada de uma torre residencial:	R\$ 2.405.450,89	[B]
Custo total para execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento:	R\$ 19.243.607,12	[C] = [B] x 8
Participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais no custo total do empreendimento:	9,36%	[C] / [A]

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3. PLANEJAMENTO E CUSTOS DE PRODUÇÃO DA FACHADA COM A TECNOLOGIA COM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM LSF

4.3.1. Planejamento da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada

Como base para o planejamento e levantamento de custos da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada deve-se identificar as etapas e atividades que compõem o processo construtivo desta tecnologia.

As etapas executivas da tecnologia em painéis leves para produção de fachada, podem ser agrupadas em:

³⁵ Custo total para execução do empreendimento informado no Quadro 12 do Capítulo 3 do trabalho.

- execução da camada de estruturação
- execução da camada impermeável
- execução da camada externa
- colocação dos contramarcos
- execução da selagem corta-fogo
- execução da camada isolante
- execução da camada interna
- colocação das esquadrias
- execução dos acabamentos internos
- execução do acabamento externo

Assim como na tecnologia tradicional, as etapas e atividades abordadas nesta seção se referem exclusivamente à execução da fachada dos pavimentos-tipos da torre residencial (1º ao 25º pavimento) cuja sequência executiva e produtividade compõem o caminho crítico do planejamento da torre residencial, impactando diretamente nos prazos de execução e de entrega da obra.

4.3.1.1. Identificação das atividades

As atividades identificadas e o sequenciamento executivo, refletem as entrevistas com projetista, fornecedores dos componentes deste sistema construtivo e com as empresas especializadas na sua montagem, aliadas à experiência de campo do autor, obtida pelo acompanhamento da execução de duas obras que se utilizaram desta tecnologia para produção das fachadas.

Como antecessoras ao início das etapas de produção da fachada, deve-se considerar as seguintes atividades:

- conferência e mapeamento do alinhamento e do prumo da estrutura primária da edificação, antes do início da etapa de estruturação, definindo o posicionamento para a montagem das estruturas em LSF nos quadros da estrutura, assim como, a estruturação a ser executada sobre superfícies externas de concreto;
- a locação dos elementos construtivos internos de cada pavimento de acordo com os eixos pré-definidos nos projetos da edificação para definição das interfaces destes elementos com as vedações verticais da fachada.

Alternativamente, pode-se iniciar a estruturação em LSF antes da conclusão da estrutura primária da edificação, admitindo-se um desaprumo máximo a ser controlado rigidamente com acompanhamento topográfico ao longo da execução da superestrutura.

No entanto, lembrando que os perfis guia devem estar, no mínimo, com $\frac{2}{3}$ de sua largura total apoiada na estrutura primária, qualquer desvio de prumo da estrutura superior ao admissível e que não permita esta condição de apoio aos perfis guia, gera a necessidade de reforços metálicos adicionais para adequar a capacidade de suporte da estrutura em LSF às cargas permanentes da fachada (Figura 48).

Figura 48– Reforço em cantoneira para desaprumo superior a $\frac{1}{3}$ da largura total do perfil guia da estrutura em LSF

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

O quadro 45 identifica as atividades da etapa de estruturação da fachada e os procedimentos adotados na sequência executiva destas atividades.

Quadro 45– Atividades da etapa de estruturação da fachada com início da etapa após a conclusão da estrutura primária da edificação

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Estruturas em <i>Light Steel Framing</i> (LSF) (Figura 35)	<ul style="list-style-type: none"> - Após a conclusão da estrutura primária, executa-se o mapeamento de alinhamento e prumo da estrutura para início da etapa de estruturação internamente aos pavimentos; - Inicia-se pela fixação dos perfis guias e montantes aos elementos da estrutura primária com bucha SX e parafuso de cabeça chata espaçados a cada 60 cm, aplicando a banda acústica no comprimento total dos perfis guias e montantes, entre estes e os elementos da estrutura primária; - Executa-se a fixação dos perfis montantes internos aos quadros das estruturas em LSF às abas dos perfis guia com parafusos autobrocantes; - Executa-se os banzos superiores e inferiores das requadrações para os vãos de esquadrias e aberturas da fachada com perfis guias dobrados fixados aos perfis montantes laterais. - A execução inicia-se do 1º pavimento em direção aos pavimentos superiores. <p>Nota: Para ganho de produtividade os perfis montantes devem ser adquiridos do fabricante cortados na altura padrão das estruturas detalhadas no projeto.</p>
Estruturação sobre as superfícies de concreto da fachada	<ul style="list-style-type: none"> - Após a conclusão da estrutura primária, executa-se o mapeamento do alinhamento e do prumo da estrutura para início da etapa de estruturação sobre as superfícies de concreto, executada externamente à edificação com a utilização de balancins elétricos; - Executa-se a montagem das vigas metálicas na laje de cobertura e dos balancins ao nível do pavimento térreo; - Na subida dos balancins, executa-se a fixação dos elementos de ancoragem direta sobre as superfícies de concreto com bucha SX 10 e parafuso de cabeça chata com espaçamentos vertical e horizontal conforme detalhamento do projeto executivo do sistema; - Na descida dos balancins, executa-se a fixação dos perfis tipo CD aos elementos de ancoragem direta por meio de parafusos autobrocantes, dobrando-se o excedente dos elementos de ancoragem direta para o sentido do interior da fachada.

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 49 ilustra as atividades da etapa de execução das alvenarias de vedação externas e a sequência executiva descrita no Quadro 45.

Figura 49– Atividades da etapa de execução da estruturação em Light Steel Framing (LSF) nos quadros da estrutura primária e sequência executiva das atividades

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a conclusão da etapa de estruturação são executadas as camadas impermeável e externa.

Como plataformas de trabalho para execução destas camadas, é recomendável a utilização de balancins ou plataformas elétricas, cuja mobilidade acompanha a alta produtividade destas etapas executivas.

Os serviços, em geral, são executados a partir do 1º pavimento em direção aos pavimentos superiores da edificação, sendo que, as atividades de fixação da membrana impermeável e fixação das chapas externas sobre os perfis de aço da camada de estruturação, são executadas pela mesma equipe e de forma simultânea. O quadro 46 identifica as atividades das etapas de execução das camadas impermeável e externa da fachada e os procedimentos a serem adotados na sequência executiva destas atividades.

Quadro 46– Atividades das etapas de execução das camadas impermeável e externa e da selagem corta-fogo da fachada

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Montagem dos balancins	<ul style="list-style-type: none"> - Instalação das vigas metálicas para suporte dos equipamentos fixadas na laje de cobertura do edifício; - Montagem dos balancins ao nível da laje do pavimento térreo.
Selagem corta-fogo	<ul style="list-style-type: none"> - Antes do início da camada impermeável deve ser executada a selagem corta-fogo com preenchimento do espaço formado entre os perfis guia fixados às lajes da estrutura primária, com material aprovado pelo Corpo de Bombeiros para esta finalidade; - Nos locais onde as camadas impermeável e externa serão instaladas sobre as superfícies de concreto, deve ser aplicado produto em manta pré-fabricada, instalada por compressão entre a superfície de concreto as chapas da camada externa da fachada.
Camada impermeável (Figura 50)	<ul style="list-style-type: none"> - Inspeção visual da fixação dos perfis montantes às abas dos perfis na face externa das estruturas em LSF, executando-se as fixações faltantes ou efetuando-se reaperto das fixações; - A manta deve ser desenrolada iniciando-se pelo canto da estrutura da fachada, a partir do segundo frame, perpendicularmente aos perfis; - Inicia-se a fixação da manta impermeável aos perfis montantes da estrutura LSF com parafusos autobrocantes espaçados no máximo a cada 60 cm na horizontal ou na vertical de forma contínua, inclusive sobre os vãos de esquadrias e aberturas da fachada para recorte posterior; - Deve-se manter uma sobreposição mínima de 15 cm entre as faixas de membrana impermeável; - Aplica-se fita adesiva para selagem de todas as sobreposições verticais ou horizontais entre as membranas; - Efetuam-se os recortes em X nos vãos de esquadrias e aberturas da fachada, fixando as abas da membrana internamente com fita adesiva para posterior requadrção com as faixas de chapa da camada externa.
Fixação das chapas externas	<ul style="list-style-type: none"> - Inicia-se a fixação das chapas externas aos perfis da camada de estruturação com espaçamento horizontal conforme o espaçamento dos montantes e espaçamento vertical de 25 cm, na sequência da fixação da manta impermeável; - Executa-se a requadrção dos vãos de esquadrias e aberturas da fachada; - Deve-se deixar 3 mm de dilatação entre as chapas externas;
Tratamento das juntas entre as chapas externas (Figura 51)	<ul style="list-style-type: none"> - Inicia-se pelo preparo da massa de base cimentícia com misturador mecânico de baixa rotação, utilizando-se um recipiente limpo, e, adicionando-se 6,8 litros de água limpa para uma embalagem de 20 kg do produto; - Efetua-se limpeza na região a ser tratada, retirando qualquer elemento que prejudique a aderência (poeira, óleo, graxa, etc); - Preenche-se com a massa os 3 mm entre as placas, com o auxílio de uma espátula, deixando-se a junta nivelada (Figura 24-1);

Continua

Conclusão

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Tratamento das juntas entre as chapas externas (Figura 51)	<ul style="list-style-type: none"> - Após a calafetação das juntas, aplica-se sobre as juntas a fita de reforço e cobre-se com uma camada de massa com o auxílio de espátula, alisando-a sem deixar ondulações (Figura 24-2, 3, 4, 5 e 6); - Deve-se aguardar entre 3 a 6 horas para iniciar a próxima etapa.
Aplicação do “basecoat” e tela de reforço superficial (Figura 52)	<ul style="list-style-type: none"> - Inicia-se pelo preparo da massa de base cimentícia com misturador mecânico de baixa rotação, utilizando-se um recipiente limpo, e, adicionando-se 5 litros de água limpa para uma embalagem de 25 kg do produto (aplicação manual com desempenadeira metálica); - Para aplicação com projeção mecânica, adiciona-se inicialmente 140 litros de água limpa para uma embalagem de 25 kg do produto, dosando para uma consistência fina e fluida; - Aplica-se a massa em toda a superfície com desempenadeira dentada formando uma camada de aproximadamente 5 mm; - Posiciona-se a tela de fibra de vidro sobre a superfície onde se aplicou a massa; com o auxílio de uma desempenadeira lisa, espalhando a massa de modo que a tela não fique visível; - Deixar aproximadamente 10 cm sem aplicação da massa para sobreposição da próxima camada de tela; - A camada de tratamento deve ter espessura entre 5 a 7 mm; - Deve-se aguardar por 48 horas para iniciar os procedimentos de acabamento (pintura, textura, revestimento cerâmico, etc).
Desmontagem dos balancins	Desmontagem e desmobilização dos equipamentos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 50– Instalação da membrana impermeável da fachada

Fonte: Dupont (2010)

Figura 51– Tratamento das juntas entre as chapas da camada externa

Fonte: Arquivo do autor – Obra TORRE INC – Itú – SP – IBEN ENGENHARIA (2016)

Figura 52– Aplicação do “basecoat” com projeção mecânica e colocação da tela de reforço superficial

Fonte: Arquivo do autor – Obra IBIS Canoas – RS – MEDABIL (2011)

A medida em que se concluem as atividades da camada externa, pode-se iniciar a execução das camadas isolante e interna, no entanto, deve-se destacar a necessidade de proteger-se as aberturas da fachada para evitar que a entrada de água de chuva possa prejudicar o bom andamento das atividades internas, ou ainda, danificar serviços que já tenham sido executados.

Deve-se planejar a instalação dos contramarcos a medida em que se conclui a camada interna da fachada, prevendo-se algum tipo de proteção provisória fixada aos contramarcos que proporcione o isolamento dos ambientes internos à presença de água.

O quadro 47 identifica as atividades das etapas de execução das camadas isolante e interna e os procedimentos adotados na sequência executiva destas atividades.

Quadro 47– Atividades das etapas de execução das camadas isolante e interna da fachada

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Camada isolante	- Instala-se a manta isolante entre os perfis das estruturas em LSF
Camada interna	- Antes do início da instalação das chapas de gesso acartonado da camada interna, deve-se executar a instalação do rodapé metálico para impermeabilização nos trechos das áreas internas molhadas; - Executa-se a primeira camada de chapas de gesso acartonado, fixando-as aos perfis de aço da estrutura em LSF, com parafusos auto atarrachante 3,5x45 mm, com espaçamento horizontal conforme a distância entre os montantes e espaçamento vertical de 25 cm, com parafusadeira manual; - Executa-se a segunda camada de chapas de gesso acartonado, fixando-as aos perfis de aço da estrutura em LSF, com parafusos auto atarrachante 3,5x50 mm, com espaçamento horizontal conforme a distância entre os montantes e espaçamento vertical de 25 cm, com parafusadeira manual; - Executa-se o revestimento com chapas de gesso acartonado coladas com pasta de gesso sobre as superfícies de concreto, nivelando-as com a segunda camada de chapa fixada sobre as estruturas em LSF; - Executa-se o tratamento a acabamento juntas entre as chapas internas e nos cantos vivos com fita de papel perfurado e massa pronta.
Fixação e calafetação dos contramarcos	- Posicionamento, fixação com parafusos e calafetação dos contramarcos com selante a base de silicone.

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a conclusão das camadas externa e interna, pode-se executar a instalação das esquadrias de alumínio, e, observando-se o prazo de cura do “basecoat” e do tratamento das juntas internas das chapas de gesso acartonado, pode-se executar o acabamento externo da fachada e o acabamento interno das paredes da fachada (Quadro 48).

Quadro 48– Atividades das etapas de execução dos acabamentos externos e internos e fixação das esquadrias de alumínio da fachada

Sub-etapas	Procedimento e sequência executiva das atividades
Fixação das esquadrias de alumínio	- Posicionamento, fixação, vedação e calafetação das esquadrias de alumínio; - Aplicação de camada de proteção em vaselina nas esquadrias de alumínio.
Preparação e acabamento das requadrações das esquadrias e aberturas da fachada (golas)	- Aplicação de fundo preparador e selador em faixas nas requadrações dos vãos dos caixilhos e aberturas das fachadas (golas); - Aplicação de textura acrílica em faixas nas requadrações das esquadrias e aberturas da fachada (golas).
Aplicação da textura acrílica na fachada	- Aplicação de fundo preparador e selador nos panos e faixas das fachadas; - Aplicação da textura acrílica nos panos e faixas das fachadas. Nota: são consideradas faixas as superfícies da fachada com largura de base ou altura menores do que 50 cm
Acabamentos internos: pintura PVA e revestimento cerâmico	- Executa-se o assentamento e rejuntamento das placas cerâmicas nas áreas molhadas; - Aplica-se a pintura látex PVA com massa corrida PVA sobre as chapas de gesso acartonado nas áreas quentes.

Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 49 apresenta o resumo das etapas, sub-etapas e atividades executivas do processo de produção de fachada com chapas delgadas estruturadas em LSF.

Quadro 49– Quantidade de etapas, sub-etapas e atividades da produção de fachada com a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em LSF

Etapas	Sub-etapas	Atividades nas sub-etapas
1- Estruturação	2	5
2- Execução da camada impermeável	1	2
3- Execução da camada externa	3	6
4- Colocação dos contramarcos	1	1
5- Selagem corta-fogo	1	1
6- Execução da camada isolante	1	1
7- Execução da camada interna	1	4
8- Colocação das esquadrias	1	2
9 – Acabamentos internos	1	2
10- Acabamento externo	1	4
10	13	28

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.2. Sequência executiva e dependência entre as atividades

Com relação à sequência executiva, nesta tecnologia, as atividades também são inter-relacionadas e interdependentes, no entanto, existe uma maior flexibilidade entre a conclusão de uma determinada atividade e o início de sua atividade sucessora. Como exemplo, com a conclusão da estruturação nos primeiros pavimentos da edificação, já é possível montar os balancins e iniciar as atividades da camada externa, sem que a atividade antecessora tenha sido concluída.

Quanto aos prazos técnicos de cura de algumas das atividades, tem-se apenas os prazos de 6 horas do tratamento das juntas das chapas externas e de 48 horas para a cura do “basecoat” externo.

O planejamento apresentado se inicia com a execução da estrutura primária de edificação e são estabelecidos os ciclos de produção e o sequenciamento das atividades da tecnologia.

O Gráfico 4 apresenta o planejamento da tecnologia em painéis leves somente com as atividades relacionadas diretamente à produção da fachada e com aquelas que apresentam relação com as atividades de fachada para seu início ou desenvolvimento.

Gráfico 4– Diagrama de Gantt das etapas de produção de fachada com a tecnologia em chapas leves estruturadas em LSF

Fonte: Elaborado pelo autor

O Gráfico 5 apresenta o diagrama de linhas de balanço do planejamento.

Pelo gráfico de Gantt (Gráfico 4) e pelo diagrama das linhas de balanço (Gráfico 5) tem-se com a utilização da tecnologia em painéis leves para produção de fachada, um prazo total planejado de cerca de **492 dias corridos** ou **16,4 meses** para a conclusão da torre residencial desde o início da execução da estrutura primária do edifício.

4.3.1.3. Produtividade e utilização de recurso de mão de obra

Para estimar o consumo de recursos de mão de obra na produção da fachada com a tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF, efetuou-se uma pesquisa de índices de produtividade disponíveis em histórico de fornecedores dos componentes do sistema, de empresas especializadas na montagem da tecnologia e obras executadas com o sistema de fachada ou com a tecnologia utilizada para alguma das camadas do sistema.

Os índices de produtividade apurados e os índices de produtividade medianos utilizados para estimar o consumo de recursos de mão de obra da tecnologia encontram-se apresentados no Quadro 50.

Gráfico 5– Diagrama de linhas de balanço (LOB) com o planejamento das atividades de produção de fachada pela tecnologia de chapas delgadas estruturadas em LSF

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 50– Índices de produtividade apurados para estimar o consumo de recursos de mão de obra com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF

Atividades	F 1	M 1	O 1	M 2	M 3	O 2	O 3	O 4	Mediana Hh
Montagem da estruturação em LSF	0,30	0,36	0,41	0,22	0,46	0,98	ND	ND	0,39
Membrana impermeável e chapas externas	0,40	0,36	0,33	0,28	0,46	0,89	ND	ND	0,38
Tratamento de juntas externas	0,15	0,26	0,14	0,08	0,08	0,18	ND	ND	0,15
Basecoat e malha de reforço	0,55	0,45	0,28	0,28	0,36	0,52	ND	ND	0,40
Colocação de manta isolante	ND	ND	ND	ND	0,11	ND	ND	ND	0,11
1 chapa de gesso acartonado interna	ND	ND	ND	0,12	0,21	ND	0,12	0,15	0,14
2 chapas de gesso acartonado internas	ND	ND	0,24	0,24	ND	0,33	ND	ND	0,24
Tratamento de juntas internas	ND	ND	ND	0,13	ND	0,23	0,16	0,21	0,12
F – fornecedor de chapas e componentes da tecnologia M – montadores especializados na tecnologia de fachada O – obras que executaram a tecnologia ou alguma etapa da tecnologia ND – informação não disponível									

Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando-se os quantitativos de serviços envolvidos na produção da fachada pelo processo construtivo tradicional apresentados no Apêndice D do trabalho e aplicando-se a estes serviços os índices de produtividade medianos apresentados no Quadro 50, pode-se estimar o consumo dos recursos de mão de obra em Hh (homens-hora) consumidas para execução das atividades de produção.

A produtividade apresentada no trabalho refere-se somente aos profissionais envolvidos na efetiva execução dos serviços, excluindo-se o consumo de Hh para transportes horizontais e verticais dos materiais até os pontos de consumo nos pavimentos da edificação.

Para o preparo das massas utilizadas na tecnologia, produzidas no local (tratamento de juntas e “basecoat” externo), não foram encontrados índices de produtividade na literatura pesquisada, portanto, serão desconsideradas na apuração do consumo

total de Hh para a produção da tecnologia. Considerando-se o baixo volume total estimado destas massas para produção da fachada da torre residencial nesta tecnologia, em torno de 41 m³, esta premissa não deve impactar em distorção significativa nos valores apurados.

Dentro do mesmo critério adotado para apurar o consumo total de Hh da tecnologia tradicional, serão selecionados somente os serviços se diferem entre esta última e a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF.

Os índices de produtividade adotados e o consumo total estimado de Hh para produção da fachada pelo processo com chapas delgadas estruturadas em LSF são apresentados no Quadro 51.

Quadro 51– Índices de produtividade e consumo total estimado de Hh para as atividades de produção da fachada pelo processo com chapas delgadas estruturadas em LSF

Serviços	Un	Quant total	Produtividade (Hh/un)	Total de Hh
Estruturação em LSF nos quadros da estrutura primária	m ²	5.549,73	0,39	2.164,39
Estruturação sobre concreto com perfis CD (Nota 1)	m ²	2.716,49	0,39	1.059,43
Aplicação da membrana impermeável e das chapas externas	m ²	8.266,22	0,38	3.141,16
Tratamento das juntas externas com tela e massa	m ²	8.266,22	0,15	1.239,93
Aplicação do “basecoat” e tela de reforço superficial	m ²	8.266,22	0,40	3.306,49
Colocação da manta isolante	m ²	5.549,73	0,11	610,47
Execução de camada dupla de gesso acartonado (2 chapas)	m ²	6.072,70	0,24	1.457,45
Chapa de gesso acartonado colada sobre concreto (Nota 2)	m ²	1.135,57	0,25	283,89
Tratamento das juntas internas entre as chapas de gesso acartonado	m ²	7.208,27	0,12	864,99
Consumo total estimado de Hh				14.128,20
Nota 1: Foi adotado para a estruturação sobre concreto o mesmo índice de produtividade da estruturação em LSF.				
Nota 2: Índice de produtividade do TCPO 14 PINI (2011)				

Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere à composição das equipes para produção de fachada com a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em LSF, verifica-se um padrão adotado pelas empresas montadoras do sistema e que pôde ser observado nas visitas e no acompanhamento das obras pelo autor.

O Quadro 52 apresenta a composição típica das equipes para execução das etapas de montagem da tecnologia.

Quadro 52– Composição das equipes de execução das etapas da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada

Etapa	Composição da equipe	Produtividade da equipe
Montagem das estruturas em LSF	2 montadores: um somente na montagem e outro montando e auxiliando nos cortes necessários	Entre 35 m ² a 81 m ² /dia com 2 montadores.
Estruturação sobre superfícies de concreto	2 montadores: um somente na montagem e outro montando e auxiliando nos cortes necessários. Atividade executada em balancim.	-
Aplicação da manta impermeável e fixação das chapas externas	2 montadores: no balancim na fixação da manta e das chapas externas 1 meio oficial: interno ao pavimento, abastecendo os montadores e efetuando os cortes necessários nas chapas externas, conforme a paginação do projeto	Entre 45 m ² a 63 m ² /dia com 2 montadores.
Tratamento de juntas entre as chapas externas	2 acabadores: aplicando a tela e a massa para tratamento das juntas	Entre 120 m ² a 220 m ² /dia com 2 acabadores.
Aplicação do basecoat e tela de reforço superficial	2 acabadores: aplicando a tela e a massa para acabamento da superfície 1 ajudante: no preparo do basecoat para abastecer os acabadores	Entre 33 m ² a 64 m ² /dia com 2 acabadores
Colocação da manta isolante entre os montantes da estrutura em LSF	1 meio-oficial: aplicando a manta entre os perfis da estrutura em LSF	75 m ² /dia com 1 homem
Instalação das chapas internas de gesso acartonado em camada dupla	2 plaqueadores: um somente na fixação das chapas e outro fixando e auxiliando nos cortes necessários	Entre 55 m ² a 75 m ² /dia com 2 plaqueadores.
Tratamento das juntas internas entre as chapas de gesso acartonado	2 acabadores: aplicando as fitas de papel perfurado e as massas de tratamento das juntas e de acabamento	Entre 136 m ² e 230 m ² /dia com 2 acabadores.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.4. Insumos utilizados para produção de fachada com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF

Os insumos abrangem os materiais e os serviços utilizados na execução da fachada com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF.

O Quadro 53 apresenta a quantidade total de insumos (materiais e serviços) para execução da fachada com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF obtida pela contagem dos insumos listados no Apêndice F.

Quadro 53– Quantidade total de insumos para execução da fachada com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF

Grupo de insumos	Total de insumos
Perfis de aço, elementos de ancoragem e tubo de aço galvanizado	10
Parafuso de fixação dos perfis guias/montantes e elementos de ancoragem	1
Banda acústica	1
Parafuso para a união entre guias e montantes, fixação de perfis CD e fixação da membrana impermeável	1
Membrana impermeável e fita adesiva	2
Chapa externa	1
Parafuso para fixação das chapas externas	1
Fita e massa para tratamento de juntas externas	2
Basecoat e tela de reforço superficial	2
Perfis de PVC para o sistema	8
Manta isolante	1
Chapas de gesso acartonado	3
Parafusos para fixação das chapas de gesso acartonado	2
Fitas e massas para tratamento de juntas e cantos internos	4
Rodapé metálico para impermeabilização	1
Mão de obra empreitada para execução das camadas da fachada	10
Esquadrias de alumínio e vidros	6
Mão de obra empreitada para serviços complementares e acabamento externo	4
Materiais para acabamento da camada interna da fachada	4
Mão de obra empreitada para pintura interna	1
Total de insumos (materiais e mão de obra)	65

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.5. Logística e transportes no canteiro de obras

Em relação à logística do canteiro de obras, serão avaliados dois tópicos:

- Estocagem de materiais e componentes
- Estimativa de fretes e transporte vertical dos materiais

Para equalizar com a premissa adotada para avaliação da tecnologia tradicional, levou-se em consideração um volume estocado para a produção de três pavimentos-tipos.

As Figuras 53, 54, 55 e 56 ilustram a estocagem de materiais da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF no canteiro de obras.

Figura 53– Estocagem de perfis de aço em área externa

Fonte: Arquivo do autor – Obra: IBIS Canoas-RS – MEDABIL (2011)

Figura 54– Estocagem de ensacados e manta impermeável em área coberta

Fonte: Arquivo do autor – Obra: IBIS Canoas-RS – MEDABIL (2011)

Figura 55– Estocagem de manta isolante em área coberta

Fonte: Arquivo do autor – Obra: IBIS Canoas-RS – MEDABIL (2011)

Figura 56– Estocagem de chapas de gesso acartonado em área coberta

Fonte: Arquivo do autor – Obra: TORRE INC – Itú – SP – IBEN ENGENHARIA
(2016)

A Figura 57 demonstra a área necessária para estocagem dos principais materiais para produção de três pavimentos-tipos da torre residencial.

Figura 57– Área de estocagem necessária para os principais materiais para produção de três pavimentos-tipos da torre residencial (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor

Em complemento, o Quadro 54 traz a estimativa de fretes e a quantidade aproximada de subidas de guincho cremalheira para transporte dos principais materiais utilizados até os locais de utilização, considerando-se aqui as quantidades totais para as oito torres residenciais do empreendimento.

Quadro 54– Quantidades estimadas de fretes para entrega dos materiais no canteiro e subidas de guincho cremalheira para transporte dos principais materiais até os locais de produção da torre residencial

Insumo ou Componente	Quantidades Estimadas	
	Fretes (vg)	Subidas do Guincho Cremalheira (un)
Perfis metálicos LSF <i>Total estimado: 8.600 pç com 3,00m</i> <i>Peso total estimado: 45.000 kg</i> <i>Total por viagem: 10.000 kg</i>	5	33
Chapas de gesso acartonado <i>Total estimado: 4.150 chapas 12,5mm de 1,20x2,40m</i> <i>Peso total estimado: 120.000 kg</i> <i>Total por viagem: 720 chapas de 1,20x2,40m</i>	6	89
Manta isolante 100mm <i>Total estimado: 355 embalagens c/10un 0,60x2,70m</i> <i>Peso total estimado: 3.460 kg</i> <i>Total por viagem: 100 embalagens</i>	4	209
Manta impermeável <i>Total estimado: 116 rolos largura 2,74m (83,6 m²)</i> <i>Peso total estimado: 592 kg</i> <i>Total por viagem: 50 rolos largura 2,74m</i>	2	2
Chapas cimentícias <i>Total estimado: 3.020 ch 12,5mm de 1,20x2,40m</i> <i>Peso total estimado: 140.000 kg</i> <i>Total por viagem: 200 chapas 12,5mm de 1,20x2,40m</i>	16	104
TOTAL ESTIMADO	32	437
Fretes: quantidade de viagens para entrega dos materiais		
Subidas de guincho cremalheira: para transporte vertical dos materiais aos pavimentos		

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.1.6. Equipamentos utilizados

Os principais equipamentos utilizados na tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF são os seguintes:

- Guincho cremalheira - transporte vertical dos materiais até os locais de consumo ou de produção;
- 2 misturadores mecânicos de baixa rotação – preparo da massa para tratamento de juntas;
- 2 betoneiras de pequeno volume - preparo da massa de acabamento “basecoat” do sistema;
- 28 balancins elétricos - plataformas de trabalho para execução das camadas de estruturação (sobre concreto), impermeável e externa da fachada;
- Carrinhos tipo plataforma - transporte horizontal das chapas, perfis de aço e materiais ensacados;
- Ferramentas manuais.

4.3.2. Caracterização da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada aplicada ao empreendimento em estudo

Diferentemente da tecnologia tradicional cujos componentes e processo construtivo são amplamente conhecidos no meio técnico e já foram caracterizados no Capítulo 3 do presente trabalho, antes de apresentar-se os custos da tecnologia para produção da fachada com chapas delgadas estruturadas em LSF, deve-se caracterizar os componentes da tecnologia utilizada como base para a composição destes custos.

Para a composição de custos desta tecnologia, tomou-se por base os componentes e o sistema de produtos do Sistema Aquapanel® da empresa Knauf.

Não obstante, serão apresentadas ao longo do trabalho, as alternativas de custos dos demais fabricantes pesquisados para a tecnologia de fachada em painéis leves.

4.3.2.1. Caracterização dos componentes e do sistema construtivo da tecnologia para produção de fachada com chapas delgadas estruturadas em LSF

Para caracterização da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF, levou-se em consideração os sistemas pesquisados já disponíveis no mercado nacional.

Pôde-se apurar que os sistemas de produtos mais frequentes em projetos nacionais, são:

- O sistema Brasilit com placas externas em cimento reforçado com fibras sintéticas (CRFS), e;
- Os sistemas Aquapanel® da empresa Knauf e Durock® Next Gen da empresa USG, ambos, executados com chapas externas constituídas por núcleo cimentício revestido por malha de fibra de vidro.

Para o estudo da tecnologia de fachada com painéis leves em chapas delgadas, adotou-se a composição de camadas, apresentada no item 2.2.2 do capítulo 2 do trabalho.

A Figura 58 ilustra os componentes das camadas da tecnologia em estudo.

Figura 58– Componentes da fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF em estudo

Fonte: Adaptado pelo autor do catálogo Knauf (2016)

Adotou-se o processo de montagem da fachada pelo método embutido, onde as camadas externa e impermeável são posicionadas externamente aos quadros da estrutura primária da edificação e as camadas de estruturação, isolante e interna são posicionadas internamente entre os pavimentos do edifício (Figura 59).

Figura 59– Ilustração esquemática do método de montagem embutido e do posicionamento das camadas da fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF neste método de montagem

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

4.3.2.2. Componentes da tecnologia

Apresenta-se na sequência, os componentes de cada camada da fachada em chapas delgadas estruturadas em LSF em estudo.

Com relação à camada externa da fachada, deve-se ressaltar que, com exceção do sistema proposto pela empresa Brasilit (Guia de Sistemas para Produtos Planos 2016), os sistemas construtivos propostos pelos demais fabricantes de chapas externas pesquisados, são bastante similares, conforme apresentado no Quadro 55.

Quadro 55– Etapas propostas pelos fabricantes de chapas externas para execução da camada externa da fachada

Etapas executivas da camada externa	Sistema Brasilit	Sistemas dos demais fabricantes de chapas pesquisados
Aplicação da membrana impermeável sobre os perfis de aço da camada de estruturação	X	X
Fixação das chapas externas sobre os perfis de aço da camada de estruturação	X	X
Tratamento das juntas entre as chapas externas com tela de reforço em fibra de vidro e massa de base cimentícia	X	X
Aplicação de malha de reforço superficial em fibra de vidro e massa de acabamento de base cimentícia	-	X

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2.3. Camada de estruturação

A camada de estruturação é constituída pelos perfis de aço zincado formados a frio que formam os *frames* das estruturas em LSF que são fixados à estrutura primária de edificação.

No projeto em estudo, além dos quadros estruturais entre os pavimentos, tem-se a presença de pilares na periferia dos pavimentos, compondo parte da superfície da fachada (Figura 60).

Figura 60– Indicação dos pilares da periferia do pavimento-tipo

Fonte: Adaptado pelo autor de SRTC Engenharia e Projetos (2008)

Neste caso, os perfis de aço a receber a membrana impermeável e as chapas externas da fachada, deverão ser fixados diretamente sobre a superfície de concreto destes pilares. Esta fixação é caracterizada e ilustrada no parágrafo seguinte.

Portanto, tem-se no projeto, duas tipologias de estruturação metálica, quanto ao modo de fixação na estrutura em concreto armado da edificação:

- Estruturação metálica em *Light Steel Framing (LSF)* com perfis guias e montantes fixados aos quadros da estrutura do edifício, formados pelas lajes, vigas e pilares dos pavimentos (Figura 61);

Figura 61– Fixação dos perfis guias e montantes nos quadros da estrutura de concreto armado do edifício

Fonte: Construtora Elofer (2012)

- Estruturação metálica em perfis galvanizados tipo CD 60x27x0,5 mm fixados por meio dos elementos de ancoragem direta, sobre os pilares de concreto da periferia dos pavimentos que compõem parte da superfície da fachada da edificação (Figuras 62 e 63).

Figura 62– Estruturação com perfis tipo CD 60x27x0,5 mm sobre a superfície de concreto de fachada

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

Figura 63– Detalhe da fixação do perfil tipo CD no elemento de ancoragem direta

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

Para definir com maior rigor técnico as estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* e demais estruturas a serem aplicadas ao projeto em estudo, solicitou-se à empresa Inovatec, especializada em projetos da tecnologia de fachada em painéis leves, um **estudo preliminar das vedações em chapa cimentícia**, com base no sistema Aquapanel® da empresa Knauf, abrangendo:

- Verificação a esforços horizontais e dimensionamento dos perfis;
- Planta de conferência com representação de espessuras, tipologias e locação das paredes;
- Detalhes típicos construtivos do sistema de chapa cimentícia, contendo:
 - Componentes do sistema;
 - Elevação de referência para reforços de aberturas de portas e janelas;
 - Encontro de parede em “L” com pilar;
 - Proteção de quinas e cantos;
 - Encontro entre chapas e tratamento de juntas;
 - Instalação das esquadrias;
 - Fixação dos montantes e elementos de ancoragem direta;
 - Fixações das chapas com parafusos;
 - Junta de dilatação horizontal;
 - Reforço das aberturas com tela em malha de fibra de vidro.

O estudo elaborado definiu os perfis a serem utilizados na camada de estruturação da fachada e apresentou o detalhamento da composição das camadas da fachada para o pavimento-tipo da torre residencial.

O Quadro 56 apresenta as premissas básicas adotadas para o dimensionamento dos perfis das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* e as quatro opções de estruturação.

Quadro 56– Premissas básicas para o dimensionamento das estruturas em Light Steel Framing (LSF) e opções de estruturação apresentadas pelo projetista

Premissas básicas para o dimensionamento das estruturas em Light Steel Framing	
Local do projeto	São Bernardo do Campo - SP
Altura piso a piso	2,82 m
Altura total da edificação	~ 80,00 m
Carga de vento	1,11 kN/m ²

Continua

Conclusão

Opções de estruturação dimensionadas pelo projetista	
Opção 01	Montante com largura 120 mm a cada 400 mm
Opção 02	Montantes com largura 90 mm duplos a cada 400 mm
Opção 03	Montantes com largura 140 mm a cada 600 mm
Opção 04	Montantes com largura 120 mm duplos a cada 600 mm

Fonte: Inovatec (2016)

Quanto à exigência do tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) de 120 minutos (ABNT NBR 14432:2001), com base nas propriedades dos componentes do sistema Aquapanel® da empresa Knauf, o estudo definiu a composição da camada externa com *uma chapa cimentícia com espessura de 12,5 mm* e a composição da camada interna com *duas chapas em gesso acartonado do tipo RF (resistente ao fogo) com espessura de 15 mm*.

Para selecionar a estrutura em *Light Steel Framing (LSF)* a ser aplicada ao projeto, adotou-se dois critérios:

- Composição de estrutura com menor peso por área de estrutura, buscando o menor custo para a camada de estruturação da fachada;
- Estrutura constituída por perfis montantes simples, visando maior produtividade na fase de montagem das estruturas.

O Quadro 57 indica a composição da estruturação em *Light Steel Framing (LSF)* selecionada, com menor peso por área de estruturação e construída com montantes simples.

Quadro 57– Composição da estruturação em Light Steel Framing (LSF) selecionada para aplicação no projeto em estudo

Opções de estruturação em <i>Light Steel Framing (LSF)</i>	Peso da estrutura LSF por área de estrutura (kg/m²)
01 - Montantes com largura 120 mm a cada 400 mm	5,07
02 - Montantes com largura 90 mm duplos a cada 400 mm	7,73
03 - Montantes com largura 140 mm a cada 600 mm	4,13
04 - Montantes com largura 120 mm duplos a cada 600 mm	6,38
A espessura da chapa para os perfis montantes e perfis guia será de 0,95 mm (Inovatec, 2016)	

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 64 apresenta a planta baixa do pavimento-tipo da torre residencial com a composição das fachadas no estudo elaborado pela empresa Inovatec.

A Figura 65 apresenta um dos trechos de fachada do pavimento-tipo ampliado, onde pode-se identificar a composição e o espaçamento entre os montantes da estrutura em *Light Steel Framing* (LSF).

No estudo, as tipologias de cada parede da fachada são identificadas por diferentes cores e a composição de cada tipologia é apresentada numa tabela anexa à planta baixa do pavimento.

Esta tabela encontra-se reproduzida parcialmente na Figura 66.

Figura 64– Planta baixa do estudo de fachada em painéis leves elaborado pela empresa Inovatec para o pavimento-tipo da torre residencial (sem escala)

Fonte: Inovatec (2016)

Figura 65– Detalhe ampliado da planta baixa com um dos trechos de fachada do estudo da Inovatec (sem escala)

Fonte: Inovatec (2016)

Figura 66– Reprodução parcial da tabela do estudo com as tipologias de paredes da fachada com base no sistema Aquapanel® da empresa Knauf

TIPOLOGIAS DE PAREDES DE AQUAPANEL							
HACHURA REPRESENTATIVA	ESPESSURA TOTAL DA PAREDE (mm)	LARGURA DOS MONTANTES (mm)	ESPAÇAMENTO EIXO A EIXO DOS MONTANTES (mm)	MONTANTE DUPLO	DUPLA ESTRUTURA LIGADA (DEL) OU SEPARADA (DES)	QUANTIDADE E TIPO DAS CHAPAS DE UMA FACE	QUANTIDADE E TIPO DAS CHAPAS DA OUTRA FACE
SISTEMA AQUAPANEL 190/140/600 - 1CI/2RF	190	140	600	-	-	1 CI	2 RF
SISTEMA AQUAPANEL 190/140/600 - 1CI/2RUF	190	140	600	-	-	1 CI	2 RUF
SISTEMA AQUAPANEL 190/140/400 - 1CI/2RF	190	140	400	-	-	1 CI	2 RF
SISTEMA AQUAPANEL 250/200/600 - 1CI/2RF	250	200	600	-	-	1 CI	2 RF
SISTEMA AQUAPANEL 50/30/400 - 1CI	50	ELEMENTO DE ANCORAGEM DIRETA + PERFIL CD 60x27	400	-	-	1 CI	-
DRYWALL 30 - 1RF COLADA	30	-	-	-	-	-	1 RF COLADA

Fonte: Inovatec (2016)

De acordo com o dimensionamento do projetista no estudo elaborado, os *frames* metálicos da estrutura em *Light Steel Framing (LSF)* serão construídos em perfis

guia de montagem de 140 mm e perfis montantes estruturais de 140 mm, ambos com a espessura de chapa de 0,95 mm (Quadro 58).

Quadro 58– Perfis de aço para as estruturas em Light Steel Framing (LSF) do estudo

Imagem do perfil para as estruturas em <i>Light Steel Framing (LSF)</i> do estudo	Perfil para as estruturas em <i>Light Steel Framing (LSF)</i> do estudo
Montante de 140 mm estrutural 140 x 40 mm espessura da chapa 0,95 mm
Guia de 140 mm estrutural 140 x 40 mm espessura da chapa 0,95 mm

Fonte: Ananda (2016)

Por questões construtivas, optou-se pela execução de um dos trechos da camada de estruturação do projeto em perfis guias e montantes com largura de 200 mm. O detalhe de um dos frames metálicos em LSF do projeto é ilustrado na Figura 67.

Figura 67- Elevação de um frame da estrutura em Light Steel Framing (LSF) fixada nas lajes e pilares da estrutura de concreto armado

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

O Quadro 59 descreve três detalhes construtivos das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* do estudo, indicados na Figura 67.

Quadro 59– Detalhes construtivos das estruturas em Light Steel Framing (LSF) do estudo

Ilustração do detalhe construtivo	Descrição e aplicação
<p>Montante duplo - utilizado na estruturação das laterais dos vãos de portas e janelas. Construído por dois perfis tipo montante, encaixados um ao outro.</p>
<p>Montante simples - utilizado na estruturação de peitoris, bandeiras e vãos livres entre as guias. Constituído por um perfil tipo montante.</p>
<p>Guia dobrada – utilizada para estruturação dos vãos de caixilhos e portas. Construída com um perfil tipo guia dobrado e fixado nos montantes do entorno do vão. As viradas de perfil guia na vertical têm cerca de 20 cm.</p>

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

No encontro dos perfis guias e montantes com os elementos estruturais, o estudo recomenda a colocação de uma fita de polietileno expandido, denominada “banda acústica”, como auxiliar ao desempenho acústico do sistema (Figura 68).

Figura 68– Banda acústica para a estrutura em Light Steel Framing (LSF) no encontro dos perfis guias e montantes com os elementos estruturais

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

São produzidas no mercado bandas acústicas com largura padrão de 48 mm, 70 mm e 90 mm. Conforme recomendação do projetista, adotou-se para a composição de custos do sistema construtivo a *banda acústica com largura de 90 cm*.

Para a estruturação sobre os pilares de concreto que compõem a fachada, foram definidos no estudo, perfis galvanizados tipo CD 60x27x0,5 mm, instalados no sentido vertical da edificação.

Estes perfis são fixados aos elementos de ancoragem direta, os quais, por sua vez, são fixados diretamente sobre a superfície de concreto.

O elemento de ancoragem direta é constituído por um perfil metálico galvanizado dobrado e perfurado (Figura 69) que é fixado sobre a superfície de concreto por meio de parafuso com bucha ou chumbador metálico, conforme dimensionamento e especificação do projetista do sistema.

No estudo, os perfis tipo CD são fixados aos elementos de ancoragem direta por meio de parafusos autobrocantes, metal-metal, cabeça escareada – chave *Philips*, ponta broca nº 2, 4,2x13 mm (Figura 70).

Figura 69– Elemento de ancoragem direta ao

Fonte: Knauf (2016)

Figura 70– Fixação do perfil tipo CD

elemento de ancoragem direta

Fonte: Arquivo do autor

Sobre os perfis tipo CD são fixadas a membrana impermeável e as chapas externas da fachada.

Sobre as superfícies de concreto dos pilares da periferia dos pavimentos, além dos perfis tipo CD, a estruturação da fachada é constituída também por perfis de aço para fixação e enrijecimento dos cantos vivos externos da fachada, formados pelo encontro entre duas chapas à 90°.

No estudo elaborado pela Inovatec, para esta finalidade, foi indicado o perfil U 30x30x0,5 mm, conforme detalhe na Figura 71.

Segundo o projetista, por tratar-se de um perfil especial e exclusivo de um único fabricante do mercado, este perfil pode ser substituído pelo **perfil U 20x30x0,5 mm**, que é um perfil padrão de produção, fornecido por diversos fabricantes nacionais.

Figura 71– Perfil U 30x30x0,5mm para fixação das chapas externas e enrijecimento dos cantos externos a 90º da fachada

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

Os perfis do tipo guia são instalados no sentido horizontal, fixados diretamente nas lajes do pavimento (laje de piso do pavimento e fundo da laje superior).

Os perfis do tipo montante são instalados no sentido vertical, fixados no espaço entre as abas dos perfis tipo guia ou nos pilares em concreto da estrutura primária da edificação, constituindo a estrutura dos *frames* metálicos das estruturas em LSF (Figura 72).

Figura 72- Perfis guias e montantes da estrutura LSF e detalhe ampliado da fixação dos perfis tipo montantes entre as abas dos perfis tipo guia

Fonte: Arquivo do autor – Obra TORREINC – Itú – SP - Iben Engenharia (2016)

Os perfis tipo guia ou montante são fixados nos elementos em concreto armado da estrutura primária da edificação por meio de parafusos com buchas, chumbadores metálicos ou pinos de aço (Figura 73), conforme dimensionamento e recomendação do projetista do sistema.

Figura 73- Fixação de guia e montante na estrutura da edificação com pinos de aço

Fonte: Arquivo do autor Obra TORREINC – Itú – SP - Iben Engenharia (2016)

O estudo elaborado pela Inovatec determina para esta fixação a utilização de bucha SX 10 Fischer com parafuso cabeça chata, fixação metal-concreto $\varnothing 6,1 \times 65$ mm, com um ponto de fixação a cada 60 cm de perfil guia ou perfil montante.

Para a união entre os perfis guias e perfis montantes das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)*, recomenda-se no estudo a utilização de parafusos autobrochantes, metal-metal, cabeça escareada – chave *Philips*, ponta broca nº 2 LB³⁶ $\varnothing 4,2 \times 13$ mm.

A união e a fixação entre os perfis guias e montantes é executada pela aplicação de um parafuso autobrocante no encontro entre as abas dos perfis (Figura 74) e a união dos perfis tipo CD com os elementos de ancoragem direta é executada pela aplicação de um parafuso autobrocante em cada aba do perfil, no encontro deste com o elemento de ancoragem direta (Figura 17).

Figura 74- União entre o perfil guia e os montantes

Fonte: Arquivo do autor – Obra TORREINC – Itú – SP - Iben Engenharia (2016)

Figura 75– Fixação do perfil CD ao elemento de ancoragem direta

Fonte: Arquivo do autor – Obra Torre A - Jardim das Perdizes – SP – TECNISA (2016)

³⁶ Terminologia do mercado que significa parafuso com cabeça lentilha e ponta broca.

A caracterização de todos os componentes para a camada de estruturação do projeto em estudo encontra-se resumida no Quadro 60.

Quadro 60– Componentes da camada de estruturação do projeto em estudo

Tipologia da estruturação metálica	Etapa construtiva	Componente indicado no projeto
Estruturação em <i>Light Steel Framing (LSF)</i> fixada aos quadros da estrutura do edifício	Montagem dos frames metálicos	<ul style="list-style-type: none"> - Perfis tipo guia de 140x40 mm ou 200 x 40 mm - Perfis tipo montante de 140x40 mm ou 200x40 mm - Espessura da chapa dos perfis: 0,95 mm - Espaçamento entre os montantes, conforme detalhamento do projeto
	Isolamento acústico das estruturas <i>LSF</i>	- Banda acústica em polietileno expandido largura 90 mm
	Fixação dos perfis guias e montantes na estrutura de concreto armado	- Bucha SX 10 Fischer com parafuso cabeça chata ø 6,1x65 a cada 60 cm
	União entre os perfis guias e montantes da estrutura <i>LSF</i>	- Parafuso autobrocante metal-metal, cabeça escareada – chave <i>Philips</i> , ponta broca n.2, LB ø 4,2x13 mm
Estruturação com perfis de aço sobre as superfícies de concreto da fachada	Ancoragem sobre as superfícies de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Elemento de ancoragem direta em perfil galvanizado 60x140x27 mm - Espaçamento entre os elementos de ancoragem direta de 1,00 m
	Fixação das ancoragens sobre as superfícies de concreto	- Bucha SX 10 Fischer com parafuso cabeça chata ø 6,1x65 mm
	Perfil da estruturação metálica	<ul style="list-style-type: none"> - Perfil galvanizado tipo CD 60x27mm, espessura chapa 0,5 mm - Espaçamento médio de 40 cm
	Fixação dos perfis da estruturação nas ancoragens	- Parafuso autobrocante metal-metal, cabeça escareada – chave <i>Philips</i> , ponta broca n.2, LB ø 4,2x13 mm
	Fixação e reforço de cantos externos da estrutura	- Perfil galvanizado tipo U 30x30mm ou U 20x30mm, espessura chapa 0,5 mm

Fonte: Inovatec (2016)

4.3.2.4. Camada impermeável

A barreira impermeável é constituída pela aplicação de uma manta de polietileno ou polipropileno de alta densidade sobre os perfis de aço da camada de estruturação da fachada (Figura 76).

Esta barreira impermeável tem a dupla função de evitar a entrada de água e vento pelo lado externo, tornando a parede externa estanque, porém com capacidade de “respirar”, e deixar escapar para o exterior o vapor de água interno, evitando a condensação do mesmo dentro da parede (BRASILIT, 2016).

Figura 76– Aplicação da manta impermeável sobre os perfis de aço da camada de estruturação da fachada

Fonte: Brasilit (2016)

Para a fixação da manta impermeável sobre os perfis da camada de estruturação da fachada, em geral, utiliza-se parafusos autobrocantes, cabeça flangeada – chave *Philips*, ponta broca, $\varnothing 4,2 \times 13$ mm (Figura 77).

Figura 77– Parafuso autobrocante, cabeça flangeada, ponta broca para fixação da membrana impermeável sobre os perfis da camada de estruturação metálica

Fonte: Âncora (2016)

Recomenda-se uma sobreposição mínima de 15 cm entre as mantas impermeáveis e a selagem de todas as sobreposições horizontais e verticais com fita adesiva indicada pelo fabricante da manta (Figura 78).

Figura 78– Fita adesiva nas sobreposições entre as mantas impermeáveis

Fonte: Dupont (2016)

4.3.2.5. Camada externa

4.3.2.5.1. Chapas externas

As chapas externas se diferenciam entre si pelo processo de fabricação e pela composição das chapas.

O Quadro 61 apresenta as características das chapas externas produzidas pelos fabricantes pesquisados.

Quadro 61– Fabricantes e características das chapas externas disponíveis no mercado nacional, indicadas para a camada externa de fachadas

Fabricante	Origem	Nome comercial e composição do produto	Espessura (mm)	Dimensões padrão (m)	Peso da chapa (kg)	Peso por área (kg/m ²)
Brasilit Saint-Gobain	Nacional	Placa cimentícia impermeabilizada cimento reforçado com fibras sintéticas (CRFS)	12,0	1,20 x 2,40	58,8	20,4
				1,20 x 3,00	73,5	20,4

Continua

Conclusão

Fabricante	Origem	Nome comercial e composição do produto	Espessura (mm)	Dimensões padrão (m)	Peso da chapa (kg)	Peso por área (kg/m²)
Eternit	Nacional	Placa cimentícia Eterplac Standard cimento reforçado com fibras sintéticas (CRFS)	12,0	1,20 x 2,40 1,20 x 3,00	58,8 73,5	20,4 20,4
Infibra	Nacional	Placa cimentícia NTF cimento reforçado com fibras sintéticas (CRFS)	12,0	1,20 x 2,40	41,5	14,4
PlacLux	Nacional	Placa ProFort ds núcleo em liga cimentícia revestido em malha de fibra de vidro em ambas as faces	12,5	1,20 x 2,40	38,0	13,2
Georgia Pacific	Importada	DensGlass Sheating núcleo em gesso resistente a umidade revestido em malha de fibra de vidro em ambas as faces	12,7	1,22 x 2,44 1,22 x 2,74 1,22 x 3,05	26,8 30,1 33,5	9,0 9,0 9,0
USG	Importada	Durock Next Gen núcleo em cimento Portland revestido por malha de fibra de vidro polimerizada em ambas as faces	12,7 15,9	1,20 x 2,40 1,20 x 2,40	33,7 42,2	11,7 14,7
Rey	Importada	Glass Rey núcleo em gesso incombustível revestido por malha de fibra de vidro em ambas as faces	12,7 15,9	1,22 x 2,44 1,22 x 2,44	27,6 35,6	9,3 12,0
Knauf	Importada	Aquapanel Outdoor núcleo em agregados leves e cimento Portland revestido por malha de fibra de vidro com tratamento anti álcalis em ambas as faces	12,5	0,90 x 1,20 1,20 x 2,40	17,3 46,0	16,0 16,0

Fonte: Catálogos dos fabricantes

4.3.2.5.2. Parafusos para fixação das chapas externas

Para a fixação das chapas externas sobre os perfis da camada de estruturação da fachada, recomenda-se parafusos autobrocantes, metal-chapa cimentícia, cabeça chata – chave *Philips*, ponta broca, conforme especificações de cada fabricante de chapa (Figura 79).

Figura 79– Parafusos autobrocantes, ponta broca, com asas e sem asas para fixação das chapas externas sobre os perfis de aço da camada de estruturação da fachada

Fonte: Ciser (2016)

As especificações dos parafusos indicadas por cada fabricante pesquisado são apresentadas no Quadro 62.

Quadro 62– Parafusos recomendados pelos fabricantes para a fixação das chapas externas aos perfis da camada de estruturação da fachada

Fabricante	Parafuso recomendado para fixação das chapas externas sobre as estruturas metálicas
Brasilit	parafuso autobrocante, ponta broca com asas, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm
Eternit	parafuso ponta broca, cabeça autoescariante, com aletas de expansão, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm
Infibra	referência não mencionada
PlacLux	parafuso com cabeça autoescariante, ponta broca, sem aletas de expansão, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm
Georgia Pacific	referência não mencionada
USG	Parafuso autobrocante, cabeça chata - chave Philips, ponta broca, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm
Rey	parafuso autobrocante, ponta broca, cabeça corneta, diâmetro 3,5 mm, comprimento 29 mm
Knauf	parafuso autobrocante, cabeça chata – chave Philips, ponta broca, diâmetro 4,2 mm, comprimento 25 mm

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

No sentido horizontal os parafusos são fixados conforme a distância entre os montantes ou perfis CD da camada de estruturação com espaçamento máximo de 60 cm, e no sentido vertical, os parafusos são espaçados no máximo a cada 25 cm ou a cada 30 cm, conforme o tipo de chapa cimentícia utilizada e as recomendações do respectivo fabricante (Figura 80).

Figura 80– Espaçamento vertical e horizontal entre os parafusos para fixação das chapas externas aos perfis da camada de estruturação da fachada

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

Deve ser observado um afastamento mínimo entre 1,2 cm e 1,5 cm em relação às bordas das chapas externas para a fixação dos parafusos, conforme o tipo de chapa externa utilizada e as recomendações de cada fabricante (Figura 81).

Figura 81– Distância entre os parafusos de fixação e as bordas das chapas externas

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

4.3.2.5.3. Tela e massa para tratamento das juntas entre as chapas externas

No encontro entre as chapas externas deve ser executado o tratamento das juntas com tela de reforço e massa específicas para esta finalidade, indicadas por cada fabricante (Figura 82).

Figura 82– Junta entre duas chapas externas tratada com tela de reforço em malha de fibra de vidro e massa de base cimentícia

Fonte: Arquivo do autor – Obra TORREINC – Itú – SP - Iben Engenharia (2016)

Com exceção do fabricante Brasilit, que indica o tratamento das juntas com dupla camada de tela e massa para junta em três demãos (Figura 83), todos os demais fabricantes pesquisados indicam o tratamento com apenas uma tela e camada única de massa para junta.

Figura 83– Tratamento das juntas entre as chapas externas indicado pelo fabricante BRASILIT

Fonte: Brasilit (2016)

As telas utilizadas para reforço das juntas são produzidas em malha trançada de fibra de vidro álcali resistente, resistentes à corrosão pelo cimento, e, as massas utilizadas para o tratamento das juntas têm base de liga cimentícia, agregados minerais, aditivos químicos e componentes impermeabilizantes, com formulação desenvolvida por cada fabricante. O Quadro 63 apresenta as telas e massas para tratamento das juntas indicadas por cada fabricante de chapas externas.

Quadro 63– Telas, massas e complementos indicados pelos fabricantes de chapas externas para tratamento das juntas entre as chapas

Fabricante	Tela para tratamento das juntas	Massa para tratamento das juntas
Brasilit	Tela de fibra de vidro Fibro Tape 5 cm Tela de fibra de vidro Fibro Tape 10 cm	Primer para tratamento de juntas Brasilit Massa para tratamento de juntas Brasilit Massa para acabamento de juntas Brasilit Cordão delimitador de junta
Placlux	Fita de junta ProFort B.C. System 10 cm	Massa ProFort Basecoat System
USG	Fita Durock Exterior Tape USG 10 cm	Massa USG Exterior Basecoat
Rey	Fita de fibra de vidro Fiba Tape 7,5 cm	Massa Base Protekto Plus Rey
Knauf	Fita para tratamento de juntas Aquapanel 20 cm	Massa cinza para tratamento de juntas Aquapanel®

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

4.3.2.5.4. Tela de reforço superficial e massa para acabamento do sistema (“basecoat”)

Após o tratamento das juntas entre as chapas e o tempo de cura recomendado por cada fabricante (entre 6 a 24 horas), aplica-se sobre toda a superfície da fachada uma tela de reforço embutida em uma camada de massa cimentícia para regularização, acabamento e preparo para aplicação da pintura da fachada (Figura 84).

As telas de reforço superficial são produzidas em malha trançada de fibra de vidro álcali resistente, resistentes à corrosão pelo cimento, e, as massas utilizadas para proteção e acabamento das superfícies da fachada têm base de liga cimentícia, agregados minerais, aditivos químicos e componentes impermeabilizantes, com formulação desenvolvida por cada fabricante.

O fabricante Brasilit não inclui esta etapa de malha de reforço e massa de acabamento em seu sistema, indicando, que a pintura ou o revestimento final das fachadas pode ser aplicado diretamente sobre as chapas externas, após o tempo de cura do tratamento das juntas entre as chapas.

Figura 84– Aplicação da tela de reforço superficial e da massa de acabamento

Fonte: PlacLux (2016)

O Quadro 64 apresenta as telas de reforço superficial e as massas para proteção e acabamento dos sistemas, indicadas por cada fabricante de chapas externas.

Quadro 64– Telas de reforço superficial e massas para proteção e acabamento dos sistemas indicados pelos fabricantes de chapas externas

Fabricante	Tela de reforço superficial	Massa para proteção e acabamento do sistema
Brasilit	Não indicada para o sistema do fabricante	Não indicada para o sistema do fabricante
Placlux	Tela de fibra de vidro ProFort B.C. System largura 100 cm	Massa ProFort Basecoat System
USG	Malha superficial em fibra de vidro USG largura 96 cm	Massa USG Exterior Basecoat
Rey	Malha de fibra de vidro largura 97 cm	Massa Base Protekto Plus Rey
Knauf	Malha superficial Aquapanel largura 100 cm	Massa cinza para tratamento de juntas Aquapanel

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

Além da tela de reforço aplicada sobre toda a superfície da fachada, recomenda-se um reforço adicional executado com a mesma malha nos vértices das aberturas das fachadas (esquadrias e vãos livres). A Figura 85 ilustra a aplicação da tela de reforço nos vértices das aberturas das fachadas.

Figura 85– Aplicação da tela de reforço nos vértices das aberturas das fachadas

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

4.3.2.5.5. Componentes de PVC para a camada externa da fachada

São perfis em PVC perfurado com telas de fibra de vidro álcali-resistentes incorporadas, projetados pelos fabricantes e instalados no sistema, como auxiliares no gerenciamento da água, proteção da fachada e interface com os demais subsistemas.

Os perfis em PVC indicados para a camada externa do projeto em estudo são os seguintes:

1. Perfis para *reforço e proteção de cantos internos e externos* nos encontros a 90º das chapas da fachada ou nos cantos externos dos vãos de esquadrias e aberturas da camada externa da fachada (Figura 86);

Figura 86– Perfil em PVC 90º com tela de fibra de vidro incorporada para reforço e proteção de cantos externos da camada externa da fachada

Fonte: Arquivo do autor

2. Perfis com *função de pingadeira* para arremate e proteção dos rodapés dos painéis externos da fachada ao nível do pavimento térreo. São utilizados dois perfis em PVC para formar as pingadeiras para a camada externa da fachada (Figura 87);

Figura 87– Perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada (1 e 2), formando a pingadeira utilizada na camada externa da fachada

Fonte: Arquivo do autor

3. Perfis tipo *junta de dilatação* que permitem a movimentação dos painéis externos por expansão e retração devido à ação da temperatura do meio exterior. São utilizados quatro perfis em PVC para formar a junta de dilatação horizontal utilizada no sistema (Figura 88).

Figura 88– Perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada (1, 2, 3 e 4) formando a junta de dilatação horizontal utilizada na camada externa da fachada

Foto: Arquivo do autor

Com base nas recomendações do Sistema Aquapanel® da empresa Knauf, devem ser previstas em projeto, *juntas de dilatação a cada 15 metros lineares, tanto no sentido horizontal como no sentido vertical.*

Como a maior dimensão horizontal dos painéis da fachada do projeto é de 7,72 m, portanto, menor que 15,00 m, não será necessário separar os painéis verticalmente.

No outro sentido, da altura do edifício, serão necessárias as juntas de dilatação horizontais para separação dos pavimentos entre si.

Levando-se em consideração a altura de piso a piso de 4,20 m do pavimento térreo e de 2,82 m para os vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial, determina-se para o projeto em estudo, a necessidade de juntas horizontais em todo o perímetro de fachada, ao nível dos seguintes pavimentos: 4º, 9º, 14º, 19º e 24º.

As Figuras 89, 90, 91 e 92 ilustram os detalhes construtivos com os perfis em PVC, detalhados no estudo.

Figura 89– Perfil em PVC 90º com tela de fibra de vidro incorporada para reforço e proteção de cantos externos (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

Figura 90– Perfil em PVC 90º com tela de fibra de vidro incorporada para reforço e proteção de cantos internos (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

Figura 91– Perfis em PVC tipo pingadeira para arremate e proteção dos rodapés dos painéis externos ao nível do pavimento térreo (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

Figura 92– Perfis em PVC para junta de dilatação horizontal (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

4.3.2.6. Camada isolante

A camada isolante da fachada é constituída pela aplicação de manta isolante mineral nos espaços entre as guias e os montantes das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)*, conforme ilustrado na Figura 93.

Figura 93– Manta isolante instalada entre as guias e os montantes da estrutura em Light Steel Framing (LSF)

Fonte: Foto Eng. Renato Perônico (2014)

A colocação desta manta isolante é opcional e deve ser avaliada pelo projetista do sistema de fachada de acordo com as condições de cada localidade e do desempenho requerido para a fachada.

A função da camada isolante é melhorar o desempenho térmico e acústico da fachada.

No caso do projeto em estudo será adotada a manta de lã vidro sem revestimento, densidade 16 kg/m³, espessura de 100 mm, Wallfelt Pop® do fabricante Isover Saint-Gobain.

4.3.2.7. Camada interna

A camada interna da fachada será constituída por chapas de gesso acartonado, em camada dupla (duas chapas) fixadas sobre os perfis das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* ou por chapas de gesso acartonado em camada simples (uma chapa) coladas diretamente sobre as superfícies internas de concreto (Figura 94).

Figura 94– Camada interna de fachada com chapas de gesso acartonado fixadas sobre as estruturas em Light Steel Framing (LSF)

Fonte: Foto Eng. Renato Perônico (2014)

Conforme as determinações do estudo da Inovatec, serão utilizados os seguintes tipos de chapas de gesso acartonado:

- Chapas de gesso acartonado RF (resistente ao fogo) com espessura de 15 mm;
- Chapas de gesso acartonado RUF (resistente ao fogo e a umidade) com espessura de 15 mm;
- Chapas de gesso acartonado tipo ST (standard) com espessura de 12,5 mm.

As Figuras 95, 96 e 97 ilustram os tipos de chapas de gesso acartonado, com referências da empresa Knauf.

Figura 95- Chapa tipo ST

Fonte: Knauf (2016)

Figura 96- Chapa tipo RU

Fonte: Knauf (2016)

Figura 97- Chapa tipo RF

Fonte: Knauf (2016)

A composição da camada interna da fachada apresenta três tipologias definidas no estudo, de acordo com a forma de execução – chapas fixadas sobre os perfis de aço

das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* ou chapas coladas sobre as superfícies de concreto – e de acordo com o ambiente interno da edificação a receber a camada interna – áreas secas (salas e dormitórios) ou áreas molhadas (banhos e áreas de serviço).

O Quadro 65 apresenta as três tipologias de camada interna do projeto em estudo.

Quadro 65– Tipologias de camada interna da fachada de acordo com a forma de execução e o ambiente interno da edificação

Tipo de ambiente interno	Tipologia de camada interna de acordo com a forma de execução e o ambiente interno da edificação
Áreas secas	duas chapas de gesso acartonado RF, espessura 15 mm, fixadas sobre os perfis de aço da estrutura <i>LSF</i>
	uma chapa de gesso acartonado tipo ST, espessura 12,5 mm, colada sobre o concreto
Áreas molhadas	uma chapa de gesso acartonado RF 15 mm + uma chapa de gesso acartonado RUF 15 mm, fixadas sobre os perfis de aço da estrutura <i>LSF</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a fixação das duas chapas de gesso acartonado de 15 mm da camada interna sobre as estruturas em *Light Steel Frame (LSF)*, considerando-se a espessura da chapa dos perfis *LSF* de 0,95 mm, o fabricante Knauf recomenda parafusos cabeça trombeta auto atarrachante, chave *Philips*, ponta broca, acabamento fosfatizado $\varnothing 3,5 \times 45$ mm ou $\varnothing 3,5 \times 50$ mm.

A Figura 98 ilustra o tipo de parafuso indicado para a fixação das chapas de gesso acartonado sobre os perfis das estruturas em *LSF*.

Figura 98– Parafuso cabeça trombeta e ponta broca, recomendado para a fixação das chapas de gesso acartonado sobre as estruturas metálicas

Fonte: Âncora (2016)

O Quadro 66 apresenta os parafusos recomendados pela empresa Knauf para a fixação das chapas de gesso acartonado sobre as estruturas em *Light Steel Framing* (LSF) do projeto, de acordo com a espessura das chapas dos perfis de aço e a quantidade de chapas a ser instalada.

Quadro 66– Parafusos recomendados pela empresa Knauf para fixação de duas chapas de gesso acartonado 15 mm sobre os perfis de aço das estruturas em *Light Steel Framing* (LSF)

Tipos de parafusos					
Tipo	Desenho	Código	Comprimento nominal (mm)	Utilização	
				Perfil metálico	Chapas de drywall
Cabeça trombeta e ponta agulha		TA25	25	Espessura máxima de 0,70 mm	1 chapa com espessura de 12,50 mm ou 15,00 mm em perfis metálicos
		TA35	35		2 chapas com espessura de 12,50 mm em perfis metálicos
		TA45 TA50	45 50		2 chapas com espessura de 15,00 mm em perfis metálicos
		TA55 TA65 TA70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,50 ou 15,00 mm em perfis metálicos
Cabeça trombeta e ponta broca		TB25	25	Espessura máxima de 0,70 mm até 2,00 mm	1 chapa com espessura de 12,50 mm ou 15,00 mm em perfis metálicos
		TB35	35		2 chapas com espessura de 12,50 mm em perfis metálicos
		TB45 TB50	45 50		2 chapas com espessura de 15,00 mm em perfis metálicos
		TB55 TB65 TB70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,50 ou 15,00 mm em perfis metálicos

Fonte: Manual de Instalação Sistemas Knauf dry-wall (Knauf, 2016)

Como complemento para execução da camada interna da fachada com chapas de gesso acartonado, são indicados os seguintes componentes, conforme recomendações de cada fabricante de chapas:

- *Colagem das chapas de gesso acartonado sobre as superfícies de concreto:* massa em pó à base de gesso;
- *Tratamento e acabamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado internas:* fita de papel microperfurado e massa pronta para tratamento e acabamento de juntas;

- *Reforço em cantos vivos internos:* fita de papel microperfurado com reforço nos cantos e massa pronta para reforço de cantos internos.

As Figuras 99 e 100 ilustram a aplicação das chapas de gesso acartonado, coladas sobre as superfícies de concreto, e, o tratamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado, respectivamente.

Figura 99– Aplicação das chapas de gesso acartonado, coladas sobre as superfícies de concreto

Fonte: Manual de Instalação Sistemas Knauf dry-wall (Knauf, 2016)

Figura 100– Tratamento das juntas entre chapas de gesso acartonado com papel microperfurado e massa pronta para rejunte e acabamento

Fonte: Manual de Instalação Sistemas Knauf dry-wall (Knauf, 2016)

A Figura 101 ilustra as fitas de papel perfurado da empresa Knauf para o tratamento das juntas entre as chapas e para reforço dos cantos vivos internos.

Figura 101– Fitas de papel perfurado para tratamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado e para reforço de cantos vivos internos

	Denominação	Largura (mm)	Comprimento (m)	Utilização
Fita de papel microperfurado para juntas	50	150	Tratamento de juntas em paredes, tetos e revestimentos
Fita para cantos (Papel microperfurado com reforço nos cantos)	50	30	Proteger e reforçar os cantos vivos de parede e colunas contra impactos leves

Fonte: Manual de Instalação Sistemas Knauf dry-wall (Knauf, 2016)

4.3.3. Custos da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção da fachada

Os custos da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para produção de fachada estão apresentados na mesma ordem dos levantamentos apresentados no Apêndice D, onde determinou-se os coeficientes de consumo de todos os componentes e serviços utilizados para a composição desta tecnologia, organizados de acordo com as camadas constituintes da fachada, além de um tópico específico para selagem corta-fogo da fachada, sendo:

- camada de estruturação
- camada impermeável
- camada externa
- camada isolante
- camada interna
- selagem corta-fogo da fachada
- mão de obra empreitada para execução das camadas da fachada e dos acabamentos da fachada

No presente capítulo apresentam-se somente os quadros resumo das composições de custo dos insumos de cada etapa executiva apresentada. São detalhadas as composições de custo de cada camada que constitui a tecnologia.

Os custos unitários dos materiais e serviços utilizados nas composições de custos unitários da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF encontram-se detalhados no Apêndice F do trabalho.

4.3.3.1. Considerações acerca da solução estrutural ideal para adoção da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para a produção de fachada

É consenso entre projetistas, fabricantes dos componentes e empresas especializadas na montagem do sistema construtivo com chapas delgadas estruturadas em LSF que, embora não se constitua numa obrigatoriedade, a solução estrutural ideal para a adoção desta tecnologia para produção de fachada deve incorporar lajes planas sem vigas de borda. Esta solução, em geral, leva à necessidade de aplicar-se a tecnologia de protensão às lajes estruturais do projeto. No empreendimento executado, as torres residenciais do empreendimento foram concebidas e executadas com estrutura de concreto armado convencional reticulada com as lajes dos pavimentos com vigas de borda.

Embora um comparativo entre a solução estrutural original do projeto e a solução estrutural ideal para adoção da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LFS não seja o foco deste trabalho, buscou-se elementos, ainda que superficiais, que trouxessem indicadores quanto aos eventuais diferenciais de custo ao adotar-se a solução com lajes planas sem vigas de borda em relação à solução convencional do projeto em estudo.

Para uma avaliação qualitativa dos diferenciais entre as soluções estruturais, tomou-se por base um estudo inicial a empresa MD Engenheiros Associados, especializada em soluções estruturais com protensão, que avaliou e pré-dimensionou o pavimento-tipo da torre residencial com lajes planas sem viga de borda.

Os índices estruturais e as quantidades de materiais e serviços desta solução e da solução convencional com lajes estruturais com vigas de borda encontram-se detalhadas no Apêndice G do trabalho

Com base nas quantidades apresentadas neste apêndice, pôde-se estabelecer uma avaliação qualitativa entre as duas soluções estruturais, apresentada no Quadro 67.

Quadro 67– Comparativo dos consumos de materiais e serviços entre as duas soluções para execução da estrutura de concreto da torre residencial do 1º pavimento a laje de cobertura do 25º pavimento-tipo

Componentes	un	Quantidade total na solução estrutural convencional com lajes com vigas de borda	Quantidade total na solução estrutural com lajes protendidas sem vigas de borda	Comparativo entre as soluções
Quantidade de pilares	un	40	28	Redução de 12 pilares
Extensão de vigas	m	216	60	Redução de 156 m de vigas
Área de fôrmas	m ²	22.697,59	19.052,55	Redução de 3.645,04 m ² de fôrmas
Quantidade de aço CA-50/CA-60	kg	202.250,18	180.755,00	Redução de 21.495,18 kg de armação passiva
Quantidade de cordoalha CP-190 RB 12,7	kg	-	43.967,43	Acréscimo dos serviços de protensão
Volume de concreto FCK 35 MPa	m ³	452,10	-	Acréscimo de 202,95 m ³ de concreto
Volume de concreto FCK 30 Mpa	m ³	680,00	2.442,64	
Volume de concreto FCK 25 MPa	m ³	1.107,59	-	

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se no Quadro 67 que, na solução de lajes planas protendidas sem vigas de borda, adicionam-se os serviços de protensão aplicados às lajes dos pavimentos, no entanto, no que se refere à execução dos serviços convencionais para execução de estruturas em concreto armado, tem-se uma redução na área de fôrmas e na quantidade de armação passiva com aço CA-50 e CA-60 e um acréscimo de cerca de 9% no volume de concreto da estrutura.

Em contatos do autor com empresas fornecedoras de fôrmas pré-fabricadas, de locação de escoramento metálico, especializadas em serviços de protensão e empreiteiras do mercado especializadas na execução de estruturas de concreto armado, constatou-se:

- Redução do custo unitário (R\$/m²) das fôrmas pré-fabricadas em torno de 20% devido a redução das perdas na produção das fôrmas pela redução da

quantidade de vigas e pela incidência de grandes superfícies planas nos jogos de fôrma;

- Redução do custo de locação de escoramento metálico entre 30% a 40% em relação ao custo do escoramento para a estrutura convencional, devido à simplificação do sistema de escoramento pela presença das lajes planas, com redução das vigas de cimbramento utilizadas para escoramento dos fundos de vigas, que, em geral, são as peças de valor de locação mais alto. Devido à protensão das lajes prevista para 50% a 3 dias e 100% a 7 dias, o tempo de permanência e o volume do escoramento em cada pavimento é reduzido em relação ao escoramento utilizado na estrutura convencional. As empresas consultadas citam uma média de 60 kg de escoramento por área de estrutura convencional e cerca de 40 kg de escoramento por áreas de estrutura com lajes planas sem vigas de borda;
- Acréscimo dos serviços de protensão para as lajes dos pavimento com custo atual entre R\$ 11,00/kg a R\$ 12,00/kg, incluindo o fornecimento e preparo da cordoalha, espaçadores, niveladores, acessórios complementares, tamponamento dos nichos de protensão, ferramentas e equipamentos necessários;
- Redução em torno de 15% no preço unitário das empreiteiras especializadas na execução de estruturas de concreto armado (R\$/m³) devido à redução nas equipes de carpintaria e armação;
- Possibilidade de redução do ciclo de produção de cada pavimento.

Abordando a questão do custo pela adoção da solução estrutural com lajes planas protendidas em substituição à solução convencional, pode-se citar dois recentes casos reais do mercado.

Ferreira (2013) cita um empreendimento da construtora BKO³⁷ onde o sistema com lajes planas protendidas ficou 0,5% mais caro do que o sistema convencional com lajes e vigas de borda numa torre residencial com 10 pavimentos, onde, optou-se pelo sistema devido à maior flexibilidade na configuração interna das plantas das unidades para comercialização. O gerente da construtora aponta como atrativos para a escolha do sistema, além dos benefícios arquitetônicos, a execução mais

³⁷ Empreendimento BK30 Alto da Boa Vista em São Paulo – SP.

rápida, e o menor custo da mão de obra, pois, “....o metro cúbico cobrado para a execução deste tipo de estrutura é mais barato do que no sistema convencional”.

Em outro caso real recente do mercado, da construtora Consciente³⁸ de Goiânia, Mariane (2016) destaca um empreendimento misto com uma torre corporativa de 27 pavimentos e uma torre office-hotel com 31 andares, onde, além de ter havido uma redução de custo na ordem de 0,1% em relação ao sistema convencional, houve uma redução de cinco meses no prazo de execução da estrutura.

Profissionais do meio técnico e projetistas sinalizam que a tendência é que quanto maior for o número de pavimentos da edificação, mais viável se tornará o sistema com lajes planas protendidas sem vigas de borda, pois, a redução de fôrmas e da quantidade de armadura passiva ganha maior representatividade, compensando o custo pela inclusão dos serviços de protensão e a maior espessura média da lâmina de concreto nos pavimentos, intrínseca à este tipo de solução estrutural.

Deste modo, admitiu-se para o presente trabalho a similaridade de custos entre a solução ideal com lajes planas protendidas sem vigas de borda e a solução estrutural convencional.

4.3.3.2. Composição dos custos da tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF para a produção de fachada

Como custo inicial a ser considerado para adoção desta tecnologia para a produção de fachada, deve-se levar em conta a contratação do projeto para o detalhamento executivo da tecnologia, compatibilizando-a com os demais subsistemas da edificação. Para o empreendimento em estudo, o custo do projeto executivo da tecnologia situa-se entre R\$ 15.000,00 a R\$ 20.000,00, sendo que este valor varia de acordo com a complexidade e as particularidades da fachada de cada empreendimento.

4.3.3.2.1. Custos da camada de estruturação da fachada

As composições de custos unitários dos materiais para execução da camada de estruturação da fachada são apresentadas nos Quadros 68 ao 71, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

³⁸ Empreendimento Nexus Shopping e Business em Goiânia – GO.

Quadro 68– Composição de custos unitários de perfis de aço, tubos galvanizados e elementos de ancoragem direta para a camada de estruturação da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Guia LSF 90x40x0,95 mm	un	0,0028	7,46	0,02
Montante LSF 90x40x0,95 mm	un	0,0148	7,79	0,12
Guia LSF 140x40x0,95 mm	un	0,724	9,60	6,95
Montante LSF 140x40x0,95 mm	un	2,090	9,88	20,65
Guia LSF 200x40x0,95 mm	un	0,0559	12,16	0,68
Montante LSF 200x40x0,95 mm	un	0,2027	12,64	2,56
Perfil tipo CD 60x27x0,50 mm	un	0,6259	5,70	3,57
Elemento de ancoragem direta	un	0,6259	1,62	1,01
Perfil tipo U 20x30x0,50 mm	un	0,3867	1,71	0,66
Tubo aço galvanizado 100x40x1,5 mm	un	0,0200	82,60	1,65
Custo total (R\$/m² fachada)				37,87

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 69– Composição de custos unitários dos elementos de fixação dos perfis guias e montantes da camada de estruturação da fachada na estrutura de concreto

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Bucha SX 10 Fischer com parafuso cabeça chata, fixação metal-concreto ø6,1x65 mm	un	2,395	0,77	1,84
Custo total (R\$/m² fachada)				1,84

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 70– Composição de custos unitários da banda acústica colocada sob os perfis guias e montantes das estruturas em LSF da camada de estruturação da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Banda acústica em polietileno expandido largura 90 mm	m	0,915	2,05	1,88
Custo total (R\$/m² fachada)				1,88

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 71– Composição de custos unitários dos parafusos para a união dos perfis guias e montantes das estruturas em LSF e para fixação dos perfis tipo CD nos elementos de ancoragem direta da camada de estruturação da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Parafuso autobrocante, metal-metal, cabeça escareada – chave <i>Philips</i> , ponta broca nº 2 LB ø4,2x13 mm	un	6,451	0,06	0,39
Custo total (R\$/m² fachada)				0,39

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.2. Custos da camada impermeável da fachada

As composições de custos unitários dos materiais para execução da camada impermeável da fachada são apresentadas no Quadro 72, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D

Quadro 72– Composição de custos unitários da camada impermeável da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Membrana impermeável	un	1,17	10,00	11,70
Parafuso metal-metal autobrocante, cabeça chata, chave <i>Philips</i> , ponta broca, ø4,2x13 mm	un	10,50	0,06	0,63
Fita adesiva nas sobreposições entre as membranas impermeáveis	m	1,575	0,50	0,79
Custo total (R\$/m² fachada)				13,12

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.3. Custos da camada externa da fachada

As composições de custos unitários dos materiais para execução da camada externa da fachada são apresentadas nos Quadros 73 ao 78, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

Quadro 73– Composição de custos unitários dos parafusos para a fixação das chapas da camada externa da fachada nos perfis da camada de estruturação da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Parafuso autobrocante, cabeça chata – chave <i>Philips</i> , ponta broca, ø 4,2x25 mm	un	19,84	0,16	3,17
Custo total (R\$/m² fachada)				3,17

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 74– Composição de custos unitários das chapas cimentícias da camada externa da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Chapa cimentícia Aquapanel Outdoor Knauf 12,5 mm	m²	1,05	30,56	32,09
Custo total (R\$/m² fachada)				32,09

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 75– Composição de custos unitários das telas de reforço e massa de base cimentícia para o tratamento das juntas entre as chapas da camada externa da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Tela em fibra de vidro para tratamento das juntas	m	2,06	1,73	3,56
Massa de base cimentícia para tratamento das juntas	kg	1,26	7,10	8,95
Custo total (R\$/m² fachada)				12,51

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 76– Composição de custos unitários das telas de reforço superficial e massa de base cimentícia acabamento da camada externa da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Tela em fibra de vidro para reforço superficial	m²	1,08	12,64	13,65
Massa de base cimentícia para acabamento da camada externa	kg	5,83	6,07	35,39
Custo total (R\$/m² fachada)				49,04

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 77– Composição de custos unitários das telas de reforço nos vértices de esquadrias e aberturas da camada externa da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Tela em fibra de vidro para reforço superficial	m²	0,072	12,64	0,91
Custo total (R\$/m² fachada)				0,91

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 78– Composição de custos unitários dos perfis em PVC para reforço de cantos a 90º, pingadeiras e juntas de dilatação da camada externa da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Perfil em PVC para reforço de cantos externos a 90º	m	0,708	8,80	6,23
Perfil em PVC para reforço de cantos internos a 90º	m	0,227	8,80	2,00
Perfis em PVC para pingadeira de acabamento e proteção	m	0,016	11,42	0,18
Perfis em PVC para junta de dilatação horizontal	m	0,067	25,28	1,69
Custo total (R\$/m² fachada)				10,10

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.4. Custos da camada isolante da fachada

As composições de custos unitários dos materiais para execução da camada isolante da fachada são apresentadas nos Quadro 79, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

Quadro 79– Composição de custos unitários da manta mineral da camada isolante da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Manta mineral de lã de vidro espessura 100 mm	m²	0,739	2,220	1,64
Custo total (R\$/m² fachada)				1,64

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.5. Custos da camada interna da fachada

As composições de custos unitários dos materiais para execução da camada interna da fachada são apresentadas nos Quadros 80 ao 82, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

Quadro 80– Composição de custos unitários das chapas de gesso acartonado da camada interna da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Chapa RF 15 mm	m²	1,200	20,14	24,17
Chapa ST 12,5 mm	m²	0,125	8,68	1,09
Chapa RUF 15 mm	m²	0,123	15,63	1,92
Custo total (R\$/m² fachada)				27,18

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 81– Composição de custos unitários da massa para colagem, massa para tratamento das juntas, fitas para tratamento das juntas e reforço de cantos e parafusos para fixação das chapas de gesso acartonado da camada interna da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Massa para colagem das chapas de gesso acartonado	kg	0,288	1,70	0,49
Massa para rejunte entre as chapas de gesso acartonado	kg	0,438	1,70	0,74
Fita para tratamento de juntas entre as chapas de gesso acartonado	m	1,193	0,14	0,17
Fita para reforço de cantos internos	m	0,080	0,18	0,01
Parafuso 45 mm	un	4,885	0,05	0,24
Parafuso 50 mm	un	12,702	0,06	0,76
Parafuso 4,2x13 mm	un	0,651	0,04	0,03
Custo total (R\$/m² fachada)				2,44

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 82– Composição de custos unitários de rodapé metálico para impermeabilização na camada interna da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Rodapé metálico para impermeabilização	m	0,044	16,20	0,71
Custo total (R\$/m² fachada)				0,71

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.6. Custos da selagem corta-fogo da fachada

As composições de custos unitários de empreitada para execução da selagem corta-fogo fachada são apresentadas nos Quadro 83, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

Quadro 83– Composição de custos unitários da selagem corta-fogo da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Selagem corta-fogo para compartimentação da fachada	m	0,2199	19,10	4,20
Custo total (R\$/m² fachada)				4,20

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.7. Custos da mão de obra empreitada para execução das camadas da fachada e acabamentos da fachada

As composições de custos unitários da mão de obra empreitada para execução das camadas da fachada e dos acabamentos da fachada são apresentadas nos Quadros 84 ao 91, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

Quadro 84– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada de estruturação da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para montagem de estrutura LSF ou estrutura fixada sobre as superfícies de concreto	m²	1,00	36,00	36,00
Custo total (R\$/m² fachada)				36,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 85– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada impermeável da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para fixação da membrana impermeável sobre as estruturas metálicas LSF ou estruturas metálicas sobre as superfícies de concreto	m²	1,00	3,00	3,00
Custo total (R\$/m² fachada)				3,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 86– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada externa da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para fixação das chapas externas sobre as estruturas metálicas LSF ou estruturas metálicas sobre as superfícies de concreto	m²	1,00	45,00	45,00
M.O. empreitada para tratamento das juntas entre as chapas externas	m²	1,00	14,00	14,00
M.O. empreitada para colocação da malha superficial, perfis em PVC de canto e tipo pingadeira, aplicação e acabamento da camada final de massa (basecoat)	m²	1,00	40,00	40,00
M.O. empreitada para colocação do perfil de PVC tipo junta de dilatação horizontal	m	0,067	25,00	1,68
Custo total (R\$/m² fachada)				100,68

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 87– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada de isolamento da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para colocação da manta isolante entre os montantes das estruturas LSF das fachadas	m²	0,696	4,50	3,13
Custo total (R\$/m² fachada)				3,13

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 88– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução da camada interna da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para fixação de chapas internas de gesso acartonado em camada dupla (duas chapas) sobre as estruturas LSF	m²	0,735	22,00	16,17
M.O. empreitada para colagem de chapa interna de gesso acartonado em camada simples (uma chapa) sobre superfícies de concreto	m²	0,137	15,00	2,06
M.O. empreitada para tratamento e acabamento de juntas entre as chapas internas de gesso acartonado	m²	0,872	3,00	2,62
Custo total (R\$/m² fachada)				20,85

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 89– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução de serviços complementares e aplicação de textura acrílica na fachada

Mão de obra	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para colocação e vedação de contramarcos em alumínio	m²	0,146	10,00	1,46
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada - panos	m²	0,806	17,00	13,70
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – faixas até 50 cm	m	0,038	8,50	0,32
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – requadrações nos vãos	m	0,368	8,50	3,13
Custo total (R\$/m² fachada)				27,41

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 90– Composição de custos unitários dos materiais para execução dos acabamentos da camada interna da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Argamassa colante industrializada para assentamento tipo AC II	kg	0,467	0,31	0,14
Placas cerâmicas 20x30 cm	m²	0,103	20,00	2,06
Rejunte cimentício industrializado	kg	0,047	4,38	0,21
Custo total (R\$/m² fachada)				2,41

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 91– Composição de custos unitários da mão de obra empreitada para execução dos acabamentos da camada interna da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
M.O. empreitada para revestimento interno em placas cerâmicas, inclusive rejuntamento	m²	0,118	29,00	3,42
Empreitada para aplicação de látex PVA com massa corrida PVA sobre gesso acartonado	m²	0,788	15,00	11,82
Custo total (R\$/m² fachada)				15,24

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.8. Custos das esquadrias de alumínio e dos vidros

As composições de custos unitários das esquadrias de alumínio e dos vidros da fachada são apresentadas nos Quadros 92 e 93, de acordo com os coeficientes de consumo obtidos no Apêndice D.

Quadro 92– Composição de custos unitários das esquadrias de alumínio da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Portas em alumínio para receber vidro	m²	0,059	530,00	31,27
Janelas simples em alumínio para receber vidro	m²	0,032	430,00	13,76
Janelas 3 folhas de correr tipo dormitório	m²	0,055	580,00	31,90
Custo total (R\$/m² fachada)				76,93

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 93– Composição de custos unitários dos vidros da fachada

Materiais	un	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A	Custo unitário do insumo (R\$/un) B	Total por área de fachada (R\$/m²) A x B
Vidro liso tipo fantasia (janelas dos banheiros)	m²	0,025	32,00	0,80
Vidro liso comum 6 mm (janelas e módulos superiores de portas)	m²	0,064	42,00	2,69
Vidro laminado comum 6 mm (módulos inferiores de portas)	m²	0,030	81,00	2,43
Custo total (R\$/m² fachada)				5,92

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.9. Custos dos equipamentos de apoio para a produção da fachada

Além dos custos de materiais e mão de obra empreitada para execução dos serviços envolvidos na produção da fachada, devem ser levados em consideração os custos com os equipamentos de apoio, utilizados na execução deste sistema construtivo.

Serão apresentados os custos dos seguintes equipamentos de apoio:

- Balancins elétricos como plataformas de trabalho para execução da camada externa da fachada (chapas externas, tratamento das juntas e malha de reforço superficial e “basecoat”).

O custo com os equipamentos necessários para o preparo das massas utilizadas neste sistema construtivo (batedeiras manuais ou betoneiras de pequeno porte) encontra-se incluso nos preços informados pelas empresas especializadas na montagem do sistema.

As massas para tratamento das juntas e acabamento superficial da camada externa da fachada serão aplicadas com desempenho manual.

Assim como na composição dos custos da tecnologia tradicional, não serão levantados os custos para o transporte vertical dos perfis de aço, chapas e materiais ensacados até os pavimentos por elevador de carga tipo cremalheira ou similar.

As únicas massas a serem preparadas no local são a massa para tratamento das juntas entre as chapas e o “basecoat” para acabamento da superfície externa e preparo para a pintura. O consumo de água para produção de massas no local será desprezível e será desconsiderado da composição dos custos desta tecnologia.

4.3.3.2.9.1. Custos com a locação de balancins elétricos³⁹

Para a composição dos custos com a locação dos balancins elétricos, são adotadas as seguintes premissas:

- Quantidade de equipamentos utilizados: 14 conjuntos de balancins elétricos, com plataformas de trabalho com comprimentos entre 3,00 m a 8,00 m e 2 conjuntos montados em U com total de 12,00m, com sistema de cabos de aço de sustentação e vigas metálicas, fixadas na laje de cobertura da edificação (Figura 102);

³⁹ Na maioria das obras que adotaram a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em LSF visitadas pelo autor, foram utilizados balancins elétricos ou plataformas elétricas tipo cremalheira.

- Período de locação previsto para execução da fachada da torre residencial: 4 meses;
- Revestimentos externos nos terraços dos apartamentos executados com plataformas de trabalho apoiadas diretamente sobre as lajes dos terraços.

Figura 102- Distribuição dos balancins elétricos para execução da camada externa da fachada da torre residencial (sem escala)

Fonte: Estudo Loguel Equipamentos (2015)

A estrutura de madeira para fixação das vigas metálicas dos balancins junto à laje de cobertura da edificação será a mesma do sistema tradicional (Figura 47), no entanto, devido ao maior comprimento das plataformas de trabalho dos balancins elétricos, a quantidade de estruturas será reduzida de 58 conjuntos (sistema tradicional) para 28 conjuntos para o trabalho com balancins elétricos.

Tomando-se como base o período de locação de quatro meses, considerando-se os custos praticados no mercado para montagem e operação dos equipamentos, chega-se à composição de custo pela utilização dos balancins elétricos, conforme Quadro 94.

Quadro 94– Custo total com a locação de balancins elétricos para execução da camada externa da fachada (base: dez/16)

Item	Un	Quant	Unitário	Total (R\$)
Montagem dos balancins com ART	vb	1	34.400,00	34.400,00
Desmontagem dos balancins	vb	1	28.300,00	28.300,00
Consumíveis: madeira, pregos, fixações, tela de nylon e manutenção	vb	1	23.400,00	23.400,00
Custo de locação mensal dos 58 conjuntos de balancins	mês	4	28.240,00	112.960,00
Custo total com a locação de balancins elétricos (R\$)				199.060,00

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.2.9.2. Custo com a instalação das telas de proteção para a fachada

Será o mesmo utilizado na composição dos custos da tecnologia tradicional, conforme demonstrativo abaixo:

- Área total de telas para proteção da fachada da torre residencial: 102,00 m (perímetro) x 71,70 m (altura) = 7.313,40 m²
- Custo unitário do serviço de instalação das telas de proteção da fachada - base: dez/16: R\$ 9,05/m²
- Custo total com as telas de proteção da fachada: R\$ 66.186,27

4.3.3.2.10. Resumo dos custos para a produção da fachada com a tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF

Com base nos custos apresentados nos itens 4.3.4.2. a 4.3.4.11., pode-se calcular o custo total para execução da fachada de uma torre residencial do empreendimento, ressaltando-se que estes custos englobam o pavimento térreo, os vinte e cinco pavimentos-tipos e a platibanda na periferia da laje de cobertura do 25º pavimento-tipo.

O Quadro 95 apresenta o cálculo do custo total para execução da fachada da torre residencial.

Quadro 95– Custo total para execução da fachada da torre residencial com a tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF (base: dez/16)

Componente	Custo unitário por área total de fachada (R\$/m²) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Custo total para execução da fachada (R\$) A x B
Materiais da camada de estruturação			347.015,90
Perfis de aço para a estruturação e elementos de ancoragem direta	37,87	8.266,22	313.041,75
Parafusos para fixação das estruturas na estrutura primária da edificação	1,84		15.209,84
Banda acústica em polietileno largura 90 mm	1,88		15.540,49
Parafusos para união dos perfis das estruturas LSF e fixação dos perfis CD nos elementos de ancoragem direta	0,39		3.223,82
Materiais da camada impermeável			108.452,81
Membrana impermeável, parafusos para fixação de membrana aos perfis e fita adesiva para selagem das juntas entre membranas	13,12	8.266,22	108.452,80
Materiais da camada externa			891.263,84
Parafusos para fixação das chapas externas nos perfis da camada de estruturação	3,17	8.266,22	26.203,92
Chapa cimentícia Aquapanel Outdoor 12,5 mm Knauf	32,09		265.263,00
Fita de reforço e massa de base cimentícia para o tratamento das juntas entre as chapas externas	12,51		103.410,41
Tela de reforço superficial e massa de acabamento da camada externa	49,04		405.375,43
Telas de reforço nos vértices de esquadrias e aberturas da fachada	0,91		7.522,26

Continua

Continuação

Componente	Custo unitário por área total de fachada (R\$/m²) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Custo total para execução da fachada (R\$) A x B
Perfis em PVC para reforço de cantos, pingadeira e juntas de dilatação horizontal	10,10		83.488,82
Materiais da camada isolante			13.556,60
Manta mineral de lã de vidro espessura 100 mm	1,64	8.266,22	13.556,60
Materiais da camada interna			250.714,46
Chapas em gesso acartonado RF/RUF/ST	27,18	8.266,22	224.675,86
Massa para tratamento de juntas e acabamento, fitas de papel perfurado para reforço de juntas e de cantos internos, parafusos para fixação das chapas nos perfis metálicos	2,44		20.169,58
Rodapé metálico para impermeabilização	0,71		5.869,01
Selagem corta-fogo			34.718,12
Selagem corta-fogo para compartimentação da fachada	4,20	8.266,22	34.718,12
Mão de obra para execução da camada de estruturação			297.583,92
Mão de obra empreitada para execução da camada de estruturação da fachada	36,00	8.266,22	297.583,92
Mão de obra para execução da camada impermeável			24.798,66
Mão de obra empreitada para execução da camada impermeável da fachada	3,00	8.266,22	24.798,66
Mão de obra para execução da camada externa			832.243,03
Mão de obra empreitada para execução da camada externa da fachada	100,68	8.266,22	832.243,03
Mão de obra para execução da camada de isolamento			25.873,27
Mão de obra empreitada para execução da camada de isolamento da fachada	3,13	8.266,22	25.873,27

Continua

Conclusão

Componente	Custo unitário por área total de fachada (R\$/m²) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Custo total para execução da fachada (R\$) A x B
Mão de obra para execução da camada interna			172.350,69
Mão de obra empreitada para execução da camada interna da fachada	20,85	8.266,22	172.350,69
Mão de obra para serviços complementares e aplicação de textura na fachada			153.834,35
Mão de obra para colocação e vedação dos contramarcos	1,46	8.266,22	12.068,68
Mão de obra empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada	17,15	8.266,22	141.765,67
Materiais para acabamentos da camada interna da fachada			19.921,59
Placas cerâmicas, argamassa colante e rejunte	2,41	8.266,22	19.921,59
Mão de obra para execução dos acabamentos da camada interna da fachada			125.977,19
Aplicação dos revestimentos cerâmicos e pinturas	15,24	8.266,22	125.977,19
Esquadrias de alumínio e vidros			684.856,32
Esquadrias de alumínio	76,93	8.266,22	635.920,30
Vidros das esquadrias	5,92		48.936,02
Equipamentos auxiliares			199.060,00
Locação de balancins elétricos	24,08	8.266,22	199.060,00
Tela de proteção da fachada			66.186,27
Custo do entelamento de proteção da fachada	8,00	8.266,22	66.186,27
Custo unitário (R\$/m²) e custo total para execução da fachada da torre residencial (R\$)	522,75		4.248.406,92

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base nos custos para execução da fachada da torre residencial apresentados no Quadro 95, pode-se calcular a participação de cada etapa ou atividade de produção no custo total para execução da fachada da torre residencial (Gráfico 6).

Gráfico 6– Participação das etapas e atividades de produção na composição do custo total da fachada da torre residencial com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em LSF

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 96 destaca apenas os custos referentes aos materiais do sistema Aquapanel da empresa Knauf para execução da fachada.

Quadro 96– Custos dos materiais do sistema Aquapanel® da Knauf aplicado ao projeto em estudo

Itens	Custo total	%
Materiais da camada de estruturação	347.015,90	21,54
Materiais da camada impermeável	108.452,81	6,73
Materiais da camada externa	891.263,84	55,32
Materiais da camada isolante	13.556,60	0,84
Materiais da camada interna	250.714,46	15,57
Custo total dos materiais do sistema (R\$)	1.611.003,61	100,00
Custo unitário dos materiais do sistema (R\$/m²)	194,89	

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 97 destaca apenas os custos referentes à mão de obra empreitada para execução do sistema Aquapanel da empresa Knauf para execução da fachada.

Quadro 97– Custos da mão de obra para execução do sistema Aquapanel® da empresa Knauf aplicado ao projeto em estudo

Itens	Custo total	%
Mão de obra para a camada de estruturação	297.583,92	21,99
Mão de obra para a camada impermeável	24.798,66	1,83
Mão de obra para a camada externa	832.243,03	61,52
Mão de obra para a camada isolante	25.873,27	1,91
Mão de obra para a camada interna	172.350,69	12,75
Custo total da mão de obra do sistema (R\$)	1.352.849,57	100,00
Custo unitário da mão de obra do sistema (R\$/m²)	163,66	

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda com base nas informações apresentadas no Gráfico 6, pode-se estabelecer outra composição referente à participação dos tipos de insumos no custo total para execução da fachada da torre residencial (Quadro 12).

Quadro 98– Participação dos tipos de insumos no custo total para execução da fachada da torre residencial

Tipo de insumo	Participação no custo total da fachada em painéis leves
Mão de obra	39,50%
Materiais	59,90%
Esquadrias e vidros	15,80%
Equipamentos	4,60%

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, pode-se calcular a participação do custo para produção das fachadas das oito torres residenciais no custo total do empreendimento, considerando a execução com o Sistema Aquapanel® da empresa Knauf (Quadro 13).

Quadro 99– Participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento no custo total para execução do empreendimento
(base: dez/16)

Custo total para execução do empreendimento	R\$ 205.628.075,70	[A]
Custo total para execução das fachadas das oito torres residenciais do empreendimento no sistema tradicional	R\$ 19.243.607,12	[B]
Custo do empreendimento sem o custo das fachadas	R\$ 186.384.468,60	[C] = [A] – [B]
Custo das fachadas das oito torres residenciais com a tecnologia com LSF	R\$ 4.248.406,92 x 8 torres R\$ 33.987.255,36	[D]
Novo custo total para execução do empreendimento	R\$ 220.371.724,00	[E] = [C] + [D]
Participação do custo para execução das fachadas das oito torres residenciais em LSF no custo total do empreendimento	15,4%	[D] / [E]

Fonte: Elaborado pelo autor

Capítulo 5

5. AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS TECNOLOGIAS TRADICIONAL E COM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM LSF PARA PRODUÇÃO DE FACHADA

Neste capítulo são apresentados os quadros comparativos entre os indicadores de cada tecnologia, desenvolvidos nos capítulos anteriores.

5.1. DEFINIÇÕES NA FASE DE PROJETO

Nesta seção é apresentado o comparativo entre as definições na fase de concepção e projeto para adoção de cada tecnologia para produção da fachada da torre residencial (Quadro 100).

Quadro 100– Comparativo entre as definições na fase de projeto para a adoção de cada tecnologia para produção de fachada

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Projeto executivo dos vedos	deve ser contratado, com detalhamento das elevações das alvenarias e indicação de cada componente para execução dos vedos	deve ser contratado, com detalhamento das estruturas em LSF, das vedações e dos componentes do sistema em painéis leves
Projeto executivo de revestimento de fachada	deve ser contratado	é parte integrante do projeto específico do sistema em painéis leves
Solução estrutural ideal para adoção da tecnologia para produção da fachada	Estrutura de concreto armado reticulada com lajes e vigas de borda	Estrutura de concreto armado com lajes planas protendidas em vigas de borda
Massa por superfície das vedações externas executadas com a tecnologia (kg/m ²)	185,0 (14 cm) a 220,0 (19 cm) ¹	50,0
¹ Alvenarias em blocos cerâmicos revestidas com 4 cm de massa externa e 1 cm de gesso interno		

Fonte: Elaborado pelo autor

Deve-se ressaltar que todas as análises do trabalho referentes à tecnologia em painéis leves, tiveram como base o estudo elaborado pela Inovatec, considerando-se a solução estrutural com lajes planas protendidas sem vigas de borda.

O planejamento de um empreendimento deve se iniciar ainda na fase de pré-construção, quando a concepção do produto e a decisão pelas tecnologias a serem adotadas na fase de produção, entre elas, a tecnologia para execução da fachada, deve nortear a contratação dos projetos executivos, além de estar aderente ao prazo total do empreendimento.

Deste modo, caso se decida pela adoção da tecnologia de painéis leves para execução da fachada, os projetos das diversas disciplinas deverão ser desenvolvidos de modo a atender as particularidades desta tecnologia para que se obtenha na fase de produção os potenciais benefícios de produtividade pela maior racionalização na montagem deste processo construtivo.

O menor peso por superfície apresentado pelas vedações externas executadas com esta tecnologia deve ser considerado no desenvolvimento do projeto estrutural, tanto no da superestrutura como no projeto de fundações, afetando portanto, as premissas a serem adotadas para o desenvolvimento desses dois projetos.

Além do projeto executivo dos vedos tradicionais em alvenaria, já usual entre as empresas de construção do mercado, é indispensável a contratação do projeto executivo para detalhamento do sistema construtivo em painéis leves com empresa especializada nesta tecnologia de vedação externa.

Somente com o desenvolvimento do projeto executivo, pode-se garantir, tanto uma contratação correta deste sistema construtivo com todas as suas particularidades, quanto um planejamento consistente da sequência executiva das atividades na fase de produção.

5.2. ETAPAS E ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA PRODUÇÃO DE FACHADA COM AS DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo entre as etapas, sub-etapas e atividades envolvidas em cada sub-etapa para produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (Quadro 101).

Quadro 101– Comparativo entre as quantidades de etapas, sub-etapas e atividades das sub-etapas para produção de fachada com as duas tecnologias

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Etapas executivas	5	10
Sub-etapas executivas	17	13
Atividades nas sub-etapas	42	28

Fonte: Elaborado pelo autor

As etapas e atividades do processo construtivo de fachada pela tecnologia tradicional são bem difundidas e conhecidas no meio técnico e têm como característica intrínseca a marcante inter-relação e interdependência entre as atividades de produção, notadamente no que se refere ao início de uma determinada atividade somente após a conclusão de todo o ciclo de sua atividade antecessora, como por exemplo, a atividade do revestimento externo da fachada, que, usualmente, só pode ser iniciado após a conclusão de todas as vedações verticais externas da edificação.

Assim como na tecnologia tradicional, com a tecnologia em painéis leves existe um sequenciamento lógico das atividades de produção e estas também apresentam forte inter-relação e interdependência, porém, a produção da tecnologia em painéis leves apresenta maior flexibilidade, permitindo o início de atividades sucessoras sem que as atividades antecessoras tenham sido concluídas em sua totalidade. Como exemplo, pode-se iniciar a execução das camadas impermeável e externa, sem que necessariamente tenha sido concluído todo o ciclo da etapa de estruturação em LSF.

Nota-se pelas linhas de balanço apresentadas, representando a evolução das atividades com a utilização das duas tecnologias em estudo que, no caso da tecnologia tradicional, o fluxo da produção é bastante variável, sendo que algumas etapas ou atividades são executadas dos pavimentos inferiores em direção aos superiores, e, outras por outro lado, são iniciadas pelos pavimentos superiores e executadas em direção aos pavimentos inferiores do edifício. Das atividades apresentadas no Gráfico 2, para o sistema tradicional, onze atividades são

executadas no sentido dos pavimentos superiores e quatro atividades são executadas no sentido dos pavimentos inferiores.

Na produção da fachada com a tecnologia em painéis leves, as linhas de balanço demonstram treze atividades sendo executadas no sentido dos pavimentos superiores e somente uma atividade (pintura externa) sendo executada no sentido dos pavimentos inferiores. Com esta configuração, a execução das etapas e atividades adquire uma característica similar a uma linha de produção, estabilizando o fluxo das frentes de trabalho em execução.

No processo tradicional, os prazos técnicos a serem observados entre o término de algumas etapas para início de suas etapas sucessoras pode levar à ampliação do tempo de execução da fachada. Há, ainda, uma quantidade expressiva de atividades no processo de produção da fachada, sendo 42 atividades nesta tecnologia, contra 28 atividades na tecnologia em painéis leves.

5.3 PRAZO PARA CONCLUSÃO DE TORRE RESIDENCIAL COM AS DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo entre as etapas, sub-etapas e atividades envolvidas em cada sub-etapa para produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (Quadro 102).

Quadro 102– Comparativo entre os prazos para conclusão da torre residencial com as duas tecnologias

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Prazo para conclusão da torre residencial (meses)	19,4	16,4

Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere ao prazo para execução da torre residencial do empreendimento em estudo, o trabalho demonstra que com a adoção da tecnologia em painéis leves, conclui-se a obra em **16,4 meses** contra **19,4 meses** de prazo de entrega com a tecnologia tradicional.

Para avaliação do prazo, buscou-se uma abordagem conservadora no que se refere à execução da estrutura primária da edificação, visando equalizar os prazos de execução desta etapa entre as duas tecnologias. No entanto, com a adoção da estrutura com lajes planas protendidas sem vigas de borda, pode-se agilizar o ciclo de produção dos pavimentos, e, estima-se que pode ser atingida uma redução de até dois meses no prazo de execução da estrutura, com ciclo médio de até cinco lajes executadas ao mês. No planejamento, deve-se considerar que, com esta antecipação de prazo, haverá um desembolso mensal mais agressivo de recursos financeiros nesta etapa executiva. Em obras onde o prazo for um fator preponderante, a solução em lajes planas e as vedações externas em painéis leves, pode ser interessante.

5.4 PRODUTIVIDADE E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DE MÃO DE OBRA COM A DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo entre a produtividade e a utilização de recursos de mão de obra para produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (Quadro 103).

Quadro 103– Comparativo entre a produtividade e utilização de recursos de mão de obra conclusão da torre residencial com as duas tecnologias

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Consumo total de Hh para produção da fachada	26.814,84	14.128,20
Consumo médio de Hh pelo período de produção da fachada (Hh/mês)	1.382,21	861,48
Média de trabalhadores pelo período de produção da fachada (homens/mês)	7,9	4,9
Produtividade média para produção da fachada (Hh/m ² total de fachada)	3,24	1,71

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação à produtividade e ao consumo de recursos de mão de obra para a produção da fachada, a tecnologia em painéis leves apresenta um consumo de Hh (homens-hora) em torno de 50% da quantidade total consumida pela tecnologia tradicional.

Temos aqui o indicador de um sistema construtivo mais racionalizado (painéis leves) e de uma mão de obra mais especializada, o que em cenários de busca de redução de contingentes em obra, pode ser muito importante.

5.5 INSUMOS UTILIZADOS PARA PRODUÇÃO DE FACHADA COM AS DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo entre a quantidade de insumos envolvida na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (Quadro 104).

Quadro 104– Comparativo entre a quantidade de insumos utilizados para produção de fachada com as duas tecnologias

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Quantidade total de insumos utilizados	49	65

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto aos materiais, componentes ou serviços envolvidos na execução das tecnologias, que impactam no planejamento e na gestão das contratações, há uma maior quantidade de insumos na tecnologia em painéis leves, 65 nesta tecnologia contra 49 na tecnologia tradicional.

No entanto, na tecnologia tradicional, os insumos encontram-se mais fracionados entre diversos fornecedores de produtos ou de serviços (blocos, argamassas, telas, revestimento em pasta de gesso, mão de obra empreitada, entre outros.), demandando uma carga adicional de trabalho aos profissionais de compras, enquanto que, na tecnologia em painéis leves, a aquisição das chapas externas e dos componentes do sistema de produtos de um único fornecedor e a contratação da empresa especializada na montagem do sistema, ou seja, dois processos de

contratação, cobrem cerca de 80% dos insumos necessários para a execução da fachada.

5.6 LOGÍSTICA E TRANSPORTES NO CANTEIRO DE OBRA COM AS DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo entre área de estocagem, quantidade estimada de fretes para entrega dos materiais na obra e quantidades estimada de subidas do guincho cremalheira para o transporte vertical dos materiais na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (Quadro 105).

Quadro 105– Comparativo entre áreas de estocagem no canteiro, fretes para entrega dos principais materiais no canteiro e quantidade de transportes verticais para produção da fachada com as duas tecnologias

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Área estimada para estoque dos principais materiais para execução de três pavimentos-tipos da torre (m ²)	118	66
Quantidade estimada de fretes para entrega dos materiais no canteiro (vg)	49	32
Quantidade estimada de subidas de guincho cremalheira para transporte vertical dos materiais (subida)	493	437

Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação ao planejamento da logística de estocagem e transportes internos no canteiro, constatou-se que a tecnologia tradicional demanda o dobro de área de estocagem de materiais em relação à tecnologia em painéis leves. Estima-se ainda uma quantidade de entrega de materiais no canteiro (fretes) cerca de 50% maior na tecnologia tradicional, assim, um fluxo de transporte vertical cerca de 13% maior nesta tecnologia, em relação à tecnologia em painéis leves.

5.7 UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS COM AS DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo entre os principais equipamentos utilizados na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (Quadro 106).

Quadro 106– Comparativo entre as quantidades de equipamentos utilizados na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Guincho cremalheira (un)	1	1
Misturador mecânico de baixa rotação	-	2
Betoneira de baixo volume	-	2
Misturador para argamassa	4	-
Sistema de projeção de argamassa	3	-
Funil, mangueira e caneca de projeção	12	-
Balancim tipo leve mecânico	58	-
Balancim elétrico	-	28
Transporte horizontal dos materiais	Carrinhos de mão, jericas e carrinhos plataforma	Carrinhos plataforma
Ferramentas manuais	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor

A demanda de equipamentos para a fase de pré-produção com preparo de argamassas cimentícias (tecnologia tradicional) ou massas de base cimentícia (tecnologia em painéis leves) é maior na tecnologia tradicional, tanto em quantidade de equipamentos, quanto no porte destes equipamentos.

Para execução da fachada com a tecnologia em painéis leves necessita-se de uma quantidade menor de balancins, no entanto, para adequar-se à produtividade do sistema construtivo, estes devem ser elétricos e apresentam um custo maior de locação.

O equipamento principal para transportes verticais, no caso do estudo, o guincho cremalheira, é de utilização comum às duas tecnologias.

5.8 CUSTOS DE PRODUÇÃO DE FACHADA COM AS DUAS TECNOLOGIAS

Nesta seção é apresentado o comparativo dos custos para produção da fachada com a utilização das duas tecnologias (Quadro 107).

Quadro 107– Comparativo entre as quantidades de equipamentos utilizados na produção da fachada da torre residencial com as duas tecnologias (base: dez/16)

Item em avaliação	Tecnologia tradicional	Tecnologia com chapas delgadas estruturadas em LSF
Vedações verticais e revestimentos	R\$ 1.233.320,02 (51,3%)	-
Sistema de fachada em painéis leves	-	R\$ 2.975.921,86 (70,0%)
Acabamentos internos e externos	R\$ 243.357,52 (10,1%)	R\$ 287.664,45 (6,8%)
Selagem corta-fogo	-	R\$ 34.718,12 (0,8%)
Esquadrias de alumínio e vidros	R\$ 684.856,32 (28,5%)	R\$ 684.856,32 (16,1%)
Equipamentos auxiliares	R\$ 174.065,56 (7,2%)	R\$ 199.060,00 (4,7%)
Consumo de água para produção de argamassas e pasta de gesso	R\$ 3.665,20 (0,2%)	-
Telas de proteção de fachada	R\$ 66.186,27 (2,7%)	R\$ 66.186,27 (1,6%)
Custo total da fachada	R\$ 2.405.450,89	R\$ 4.248.406,92
Custo unitário da fachada (R\$/m²)	R\$ 291,00	R\$ 522,75

Fonte: Elaborado pelo autor

Chega-se por fim, à questão dos custos para a produção da fachada com as tecnologias estudadas.

O diferencial de cerca de R\$ 1,8 milhão entre os custos da tecnologia é significativo. Do custo total de cerca de R\$ 4,2 milhões para execução da fachada com a tecnologia em painéis leves, R\$ 2,98 milhões referem-se especificamente ao sistema construtivo em painéis leves estudado, representando 70% do custo total.

Do custo total de cerca de R\$ 2,4 milhões para a execução da fachada com a tecnologia tradicional, R\$ 1,2 milhão referem-se aos serviços equivalentes na tecnologia tradicional (alvenarias de vedação, revestimentos externos e revestimentos internos), representando 50% do custo total.

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, pôde-se constatar duas estimativas de custos do sistema Aquapanel® para execução de fachadas (base:

dez/16): um custo unitário do sistema entre R\$ 296,19/m² a R\$ 348,16/m² da própria empresa Knauf, e, um custo total do sistema em torno de R\$ 335,00/m², informado por uma empresa especializada na montagem da tecnologia.

Os valores verificados no presente trabalho importam em R\$ 194,89/m² referente aos materiais e R\$ 163,66/m² referentes à mão de obra, num custo total de R\$ 358,33/m² para o sistema construtivo em painéis leves.

Portanto, levando-se em consideração que as composições dos custos da tecnologia foram elaboradas com preços brutos sem qualquer incidência de negociação comercial, o custo final apurado no trabalho para este sistema construtivo, encontra-se compatível com os preços estimativos obtidos no mercado, apresentando um desvio da ordem de 5%.

Por outro lado, no que se refere aos custos da tecnologia tradicional, tanto pela experiência de campo do autor na área de orçamento, quanto pelas consultas diretas a construtoras do mercado, obteve-se para as composições de custos deste sistema construtivo, preços que são praticados de fato por essas empresas, portanto, preços finais de contratação de materiais e de mão de obra, que carregam em si, uma parcela de negociação e desconto comercial.

Citando Cardoso (2016), com base em posição do ano de 2014 referente a habitações de interesse social, apenas 0,15% das obras executadas, se utilizaram da tecnologia com *Light Steel Frame*, e, este cenário não é diferente nas edificações residenciais do mercado imobiliário. Portanto, a demanda atual do mercado por este tipo de tecnologia ainda é ínfima, impactando diretamente no custo final das chapas externas e dos demais componentes da tecnologia, que são, em boa parte, ainda importados. Por fim, como última análise de custo a ser apresentada, se tomarmos o custo unitário para execução da fachada, somente dos vedos, desconsiderando-se o custo das esquadrias de alumínio e dos vidros, tem-se:

- Custo unitário da fachada tradicional: R\$ 208,15/m²;
- Custo unitário da fachada em painéis leves: R\$ 439,90/m².

Capítulo 6

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central deste trabalho foi identificar e destacar os diferenciais de planejamento e de custos para produção de fachadas com as tecnologias que empregam alvenaria de vedação e revestimentos aderidos ou painéis leves com chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*. Considerando o aspecto inovador da tecnologia em painéis leves, no trabalho foram sintetizadas as suas principais características, ainda pouco difundida entre os profissionais do meio técnico e acadêmico.

Em relação aos diferenciais de custo, pôde-se demonstrar:

- a composição detalhada dos custos de cada tecnologia, identificando-se quais são as atividades ou componentes mais impactantes nesta composição. Esta composição de custos é sintetizada no Quadro 42 e no Gráfico 3 para a tecnologia tradicional, e, no Quadro 95 e no Gráfico 6 para a tecnologia em painéis leves;
- as alternativas da tecnologia em painéis leves já disponíveis no mercado nacional, e, os respectivos custos de seus componentes (Apêndices E e F);
- a metodologia utilizada para quantificação dos componentes e serviços que compõem cada uma das tecnologias;
- o custo total da fachada com a utilização de cada tecnologia, tomando-se por base um mesmo projeto arquitetônico, em que se apurou um custo direto mais alto da tecnologia em painéis leves em relação à tecnologia tradicional.

Em relação aos diferenciais no planejamento, pôde-se demonstrar:

- as etapas executivas de cada tecnologia, assim como, as atividades envolvidas na realização de cada etapa;
- o sequenciamento das atividades, os ciclos de produção e os principais equipamentos necessários para a utilização de cada tecnologia na execução da fachada;
- o comparativo entre as duas tecnologias aplicadas ao mesmo empreendimento, demonstrando uma redução em 3 meses do prazo de

conclusão da torre residencial com a adoção da tecnologia em painéis leves para execução da fachada;

- a produtividade e o consumo dos recursos de mão de obra com cada tecnologia;
- as linhas de balanço na produção com a utilização de ambas as tecnologias;
- aspectos de logística do canteiro, abordando: o recebimento de materiais, o transporte vertical e a questão das áreas de estocagem para cada tecnologia.

Ou seja, foram demonstrados os diferenciais presentes no objetivo, podendo-se considerar que o objetivo do trabalho foi atingido.

Embora os resultados obtidos tenham tido como base um empreendimento em particular, por se tratar de uma edificação de concepção arquitetônica tradicional, que representa um padrão comum a diversas edificações habitacionais, acredita-se que os diferenciais apresentados são representativos para as análises de viabilidade pelos profissionais do mercado e, por isto, poderão ser tomados como parâmetros de análise, servindo desde já ao meio técnico.

De modo mais geral, podem ser destacadas algumas considerações importantes:

- o planejamento de um empreendimento deve se iniciar ainda na fase de pré-construção, quanto a concepção do produto e a decisão pelas tecnologias a serem adotadas na fase de produção, entre elas, a tecnologia para execução da fachada, devem nortear a contratação dos projetos executivos;
- com a adoção da tecnologia em painéis leves para produção da fachada, adequados planejamento das contratações e gestão da programação das entregas de materiais no canteiro são fundamentais para que se cumpram os prazos do planejamento inicialmente projetado. Deve-se levar em consideração que na tecnologia tradicional, uma eventual falha de abastecimento de algum dos insumos pode ser suprida pela ampla oferta de produtos básicos no mercado, mas, isto não ocorre com a tecnologia em painéis leves, pois, nem todos os produtos são de “prateleira”, e, em geral, os fornecedores das chapas e dos materiais da tecnologia, somente oferecem garantia final ao sistema mediante o consumo de componentes homologados por eles ou de sua linha própria de produção;

- constatou-se que a produtividade da tecnologia em painéis leves para a produção de fachada é muito superior à produtividade da tecnologia tradicional, o que representa um desafio aos profissionais de planejamento que têm como cultura enraizada, os ciclos de produção e os prazos executivos do sistema tradicional;
- deve-se planejar os ciclos de produção dos demais subsistemas da edificação adequando-os à produtividade da tecnologia em painéis leves, e, neste sentido, o envolvimento dos profissionais de planejamento e de produção na definição de tecnologias construtivas compatíveis (vedações verticais internas em dry-wall, por exemplo), pode proporcionar uma redução substancial de prazos de entrega dos empreendimentos em relação ao processo tradicional;
- para a avaliação da produtividade e dos prazos de produção, adotou-se a execução da tecnologia em painéis leves com a montagem das estruturas em *LSF* nos quadros da estrutura primária executada nos pavimentos da edificação, num processo que pode ser considerado em certos aspectos, ainda como artesanal. Adotando-se o processo de “panelização”, em que os painéis são fabricados no canteiro ou fora do canteiro e são transportados prontos aos pavimentos para fixação na estrutura primária, poderá haver aumento da produtividade na montagem e uma maior redução do prazo para execução da fachada e da obra;
- devido ao reduzido número de empreendimentos executados com a tecnologia em painéis leves, os custos pós-obra e com manutenção, que compõem os custos globais durante a vida útil de um empreendimento, ainda não puderam ser devidamente avaliados e mensurados, no entanto, se executada a partir das práticas mais adequadas, dentro das especificações e orientações do projeto executivo, acredita-se que estes custos devem ser compatíveis aos custos da tecnologia tradicional.

As técnicas construtivas já consolidadas entre os profissionais do meio técnico, a relativa alta oferta de mão de obra e de fornecedores de produtos, a adequação quanto aos requisitos de desempenho e, sobretudo, o custo direto mais baixo, são fatores que favorecem o emprego da tecnologia tradicional.

Acredita-se, porém, que se pode chegar a condições mais competitivas de custo direto em relação à tecnologia em painéis leves com o estudo particularizado de um projeto voltado ao seu emprego e com a negociação comercial para a aquisição dos componentes do sistema e da mão de obra de montagem, no entanto, no atual momento, o diferencial de custos entre as tecnologias é uma importante barreira a ser superada.

Deve-se ressaltar que para os comparativos de custo direto entre as tecnologias, utilizou-se como parâmetros de custos da tecnologia em painéis leves, o sistema de produtos que apresenta o custo unitário mais alto entre àqueles que já se encontram disponíveis no mercado, e, que possuem similaridade no que se refere à composição das camadas desta tecnologia. Tomando-se como base somente a execução da “camada externa” da tecnologia (chapas cimentícias, parafusos para fixação, telas e massas para tratamento de juntas e acabamento), a opção por outro fornecedor do sistema de produtos pode proporcionar uma redução dos custos diretos para execução da tecnologia, conforme apresentado a seguir:

- Sistema de produtos adotado no trabalho: R\$ 102,54/m² de fachada
- Sistema de produtos “fornecedor B”: R\$ 71,46/m² fachada
- Sistema de produtos “fornecedor C”: R\$ 88,79/m² fachada

Buscando-se reduzir esse diferencial, deve-se avaliar ainda:

- a potencial redução dos custos indiretos do canteiro pela diminuição do prazo da obra;
- potencial redução de custo de outros subsistemas com a adoção desta tecnologia de fachada em painéis leves ao invés da tradicional, como por exemplo, nas fundações e na estrutura pela redução de cargas permanentes na edificação (fachada tradicional x sistema em painéis leves). Sob este aspecto, recente trabalho de Medeiros e Mello (2016) demonstra que a substituição das vedações internas de alvenarias por paredes de gesso acartonado (dry-wall) impacta, em média, em reduções de custo da ordem de 3,6% nas fundações e 1,76%, na estrutura;
- a redução de mão de obra nas atividades da fachada que de fato ocorre em relação à tecnologia tradicional, gera potencial redução de passivos

trabalhistas e de acidentes de trabalho. Além disso, reduz os custos indiretos relativos ao contingente de mão de obra no canteiro, tais como: redução na área de vivência (refeitório/vestiário/banheiro), banhos, refeições, etc;

- possivelmente a postergação no desembolso de recursos financeiros referente aos insumos e mão de obra para execução da fachada em painéis leves em relação ao sistema tradicional pode trazer benefícios econômicos. Enquanto no sistema tradicional, estes desembolsos se iniciam com a execução das alvenarias externas ainda durante a execução da estrutura primária da edificação, na tecnologia em painéis leves, de acordo com as premissas adotadas no presente trabalho, este desembolso se inicia somente após a conclusão da estrutura primária;
- ainda quanto ao aspecto econômico, não somente, mas, principalmente, no caso de obras imobiliárias, deve-se levar em consideração o retorno financeiro pela redução do prazo da entrega das unidades e pela antecipação na captação dos recebíveis referentes ao repasse dos financiamentos bancários, contratados pelos proprietários para a aquisição das unidades.

No mercado imobiliário existe movimentação de várias construtoras buscando tecnologias inovadoras e racionalizadas para a produção de fachadas em substituição ao processo tradicional, portanto, recomendam-se trabalhos complementares sobre a tecnologia em painéis leves e outras similares; a criação de grupos de trabalho com profissionais do meio técnico, acadêmico e entidades setoriais, e; participação ativa dos fornecedores de chapas e componentes do sistema no treinamento e capacitação de mão de obra, na busca por uma maior competitividade dos custos do sistema e na divulgação da tecnologia nos meios técnico e acadêmico.

Como temas para próximos trabalhos, podem ser elencados:

- análise comparativa entre os custos indiretos das tecnologias, avaliando de forma aprofundada aspectos como:
 - ✚ perdas inerentes aos processos construtivos;
 - ✚ geração e descarte de resíduos;
 - ✚ diferenciais no consumo de água e de energia;

- redução de mão de obra x economias no canteiro e devidas à potencial redução de ações trabalhistas;
 - custos com projetos, ensaios e controle tecnológico para cada tecnologia;
 - custos com acompanhamento e fiscalização dos serviços, entre outros.
- avaliação dos impactos reais no dimensionamento e no custo da superestrutura e das fundações pela adoção da tecnologia em painéis leves em substituição à tecnologia tradicional para execução da fachada.
 - análise mercadológica de fatores que possam reduzir os custos da tecnologia junto a fabricantes e empresas especializadas na montagem do sistema.
 - metodologia para recebimento e armazenagem dos componentes, acompanhamento e controle da produção, e critérios para aceitação final dos serviços de fachada, executados com a tecnologia em painéis leves.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013. 51 p.

_____. **NBR 7200:1998** Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998. 13 p.

_____. **NBR 12721:2006 Versão Corrigida 2:2007** Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007. 91 p.

_____. **NBR 13529:2013** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013. 13 p.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implementação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** 1996. 422 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, H. H. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo: EPUSP, 2003. 24p. (Boletim Técnico BT/PCC/172).

BARROS, M. M. S. B. et al. **Manual de Revestimentos de Argamassa.** ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2003. 104 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diretriz SINAT 003 – Revisão 2 - **Diretriz para avaliação técnica de sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (sistemas leves tipo Light Steel Framing).** Brasília, 2016. 71 p.

_____. Diretriz SINAT 005 – Revisão 1 – **Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”).** Brasília, 2016. 66 p.

_____. Diretriz SINAT 009 – Revisão 1 - **Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zincado e fechamentos em chapas delgadas com revestimento de argamassa (Fachada leve em steel frame).** Brasília, 2016. 44 p.

_____. Diretriz SINAT 014-A – **Sistema construtivo a seco SAINT-GOBAIN – Light Steel Frame.** Brasília, 2016. 20 p.

BRASILIT SAINT-GOBAIN. Guia de Sistemas para Produtos Planos. 168 p. 2013.

BREITSAMETER, B. **Revestimento Interno de Paredes e Tetos: Estudo Comparativo dos Sistemas Pasta de Gesso e Argamassa do Tipo Massa Única.** 2012. 75p. Monografia. Escola de Engenharia – Departamento de Construção Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – SIPCI – Sistema de Preços, Custo e índices**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.sipci.caixa.gov.br/>. Acesso em: julho de 2016.

CARDOSO, S. S. **Tecnologia construtiva de fachada em chapas delgadas estruturadas em light steel Framing**. 2015. 245p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

CARVALHO, J. C. **Estudo comparativo entre fachadas em alvenaria de bloco cerâmico revestida com argamassa e fachadas executadas com chapas cimentícias**. 2015. 86p. Monografia. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CAVANI, G. R. **Revestimento crítico**. Revista Técnica, São Paulo. Edição 157. abr. 2010.

CEOTTO, L. H.; BANDUCK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de Argamassa: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre: ANTAC, 2005. 96p.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE SALVADOR. **Manual de revestimento de fachada**. 76p. Salvador, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS. Instrução Técnica - **IT nº 09/2004** – Compartimentação horizontal e compartimentação vertical. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. 2004. 14 p.

DIAS, A. M. N.; CINCOTTO, M. A. **Revestimento à base de gesso de construção**. São Paulo: EPUSP, 1995. Boletim Técnico PCC n.142.

DIAS, P. R. B. **Engenharia de custos – uma metodologia de orçamentação para obras civis**. 221p. Sindicato dos Editores de Livros, Rio de Janeiro, 2004.

DIOGO, G. M. Q. **Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachadas de edifícios**. 2007. 178p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. O papel do projeto para produção na construção de edifícios. In: ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU/USP, 1998. CD-ROM.

FRANCO, L. S. **O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção**. Curso de Gerenciamento. UFBA Universidade Federal da Bahia. Vitória da Conquista, 2004.

FGV IBRE Instituto Brasileiro de Economia. **INCC**. Disponível em: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B7684C11DF>. Acesso em: setembro de 2016.

GONZALEZ, M. A. S. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. São Leopoldo, RS, 2008. 47p.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760. v. 1.

KEHL, S. Produtividade na construção civil. In: CONTADOR, J. C. (Coord.). **Gestão de Operações: a engenharia de produto a serviço da modernização da empresa**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. Pag. 469-486.

KINGSPAN INSULATED PANELS. **Kingframe. Steel Framing Systems. Design Guide**. United Kingdom. 2013. 88 p. (08/2013). Disponível em: http://images7.kingspanpanels.co.uk/file/asset/12584/original/UK_SBS_SFS_Design_Guide_2014.pdf. Acesso em: janeiro de 2015.

KNAUF. Sistema de Fachada Knauf Aquapanel®. 32 p. 2015.

MACIEL, L.L.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1998.

MAEDA, F. M.; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão-de-obra e materiais na execução de revestimento em pasta de gesso aplicado sobre paredes internas de edificações**. Artigo. ENTAC 2000. Salvador, 2000.

MATTOS, A. D. Planejamento de Obra. **Construção Mercado**, São Paulo, Edição 85, ago. 2008.

MATTOS, A. D. Custo direto ou indireto? **PINI**, São Paulo, dez. 2013. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/custo-direto-ou-indireto-302173-1.aspx>. Acesso em: julho 2016.

MATTOS, A. D. Como interpretar uma composição de custos. PINI, São Paulo, fev. 2015. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-interpretar-uma-composicao-de-custos-338922-1.aspx>. Acesso em: julho 2016.

MEDEIROS, J. S. et al. **Tecnologia de vedação e revestimento para fachadas**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2014. 128p. (Série Manual de Construção em Aço).

MEDEIROS, J. S.; MELLO, M. B. **A comparative study between drywall and masonry partitions in concrete frameworks buildings**. 5th International Conference on Zero Energy Mass Customised Housing - ZEMCH 2016 20th - 23rd December 2016, Kuala Lumpur, Malaysia. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/312597016_A_COMPARATIVE_STUDY_BETWEEN_DRYWALL_AND_MASONRY_PARTITIONS_IN_CONCRETE_FRAMEWORK_BUILDINGS. Acesso em: junho 2017.

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN DRYWALL AND MASONRY PARTITIONS IN CONCRETE FRAMEWORK BUILDINGS (PDF Download Available). Available from: https://www.researchgate.net/publication/312597016_A_COMPARATIVE_STUDY_BETWEEN_DRYWALL_AND_MASONRY_PARTITIONS_IN_CONCRETE_FRAMEWORK_BUILDINGS [accessed Jul 23, 2017].

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-18** Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília, 2015. 66 p.

OLIVEIRA, L. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 267 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

OLIVIERI et al. Planejamento tradicional, *Location-Based Management System* e *Last Planner*: um modelo integrado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.16, n.1, p.265-283, jan./mar. 2016.

PANEL REY. Panel de Yeso GLASS REY. 6 p. 2016.

PINI. **TCPO 14 – Tabela de Composição de Preços para Orçamentos**. TCPO Web. 2011. Disponível em: <http://tcpoweb.pini.com.br/Menu.aspx>. Acesso em: ago./set./out. 2016.

PLACLUX. Manual Técnico PROFORT Sistema de Placa Cimentícia. 47 p. 2016.

QUINALIA, E. Gesso liso: desempenado e sarrafeado, a execução de acabamento em paredes e tetos traz agilidade e economia ao empreendimento. **Revista Técnica**, São Paulo, Edição 99, jun. 2005.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2003. 174 p.

RIBAS, R. A. J. **Avaliação das condições físico-construtivas e de desempenho de uma edificação estruturada em aço. Estudo de caso: prédio da EM da UFOP**. 2006. 210p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2006.

RODRIGUES, A. **Planejamento Global**. Palestra. Expo Fachada 2016. João Pessoa, PB. mai. 2016.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 207 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. 2008. 153p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTOS, M. M. Planejamento de Obra. **Construção Mercado**, São Paulo, Edição 85, ago. 2008.

SILVA, F. B. **Planejamento de processos de construção para a produção industrializada de edifícios habitacionais: proposta de um modelo**. 2012. 189p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G. **Painéis de vedação**. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2004. (Série Manuais da Construção em Aço).

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**. 2003. 167p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, J. B. V. **Planejamento e Gerenciamento de Obras**. 2010. Disponível em: http://www.ecivilnet.com/artigos/planejamento_e_gerenciamento_de_obras.htm. Acesso em: maio de 2016.

SOUZA, U. E. L. Como evitar desperdício de gesso na execução de revestimentos internos de paredes e tetos. **Equipe de Obra**, São Paulo, Edição 25, set. 2009.

TAUK, S. A. **O plano do processo produtivo para empresas do subsetor de edifícios da construção civil**. 2000. 160p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

TAVES, G. G. Engenharia de custos aplicada à construção civil. 2014. 63p. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

TEBALDI et al. Avaliação da produtividade de processos construtivos para revestimentos em paredes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 51., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IBRACON, 2009. Não paginado.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. Editora PINI. São Paulo, 2006.

USG. Soluciones para tabiques de alto desempeño USG FIBEROCK® USG SECUROCK® GLASS-MAT USG DUROCK® NEXT GEN. 60 p. 2015.

WAY, A. G. L.; LAWSON, R. M. **Design and instalation of light steel external wall systems**. Technical Report. SCI Document ED017. Ascot: Steel Construction Institute (SCI). 2013. 43 p.

WAY, A. G. L. **Durability of Light Steel Construction**. Technical information sheet. SCI Document ED022. Ascot: Steel Construction Institute (SCI). 2014. 4 p.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO E DADOS COLETADOS NAS ENTREVISTAS COM PROFISSIONAIS DO MEIO TÉCNICO ACERCA DA TECNOLOGIA TRADICIONAL E DA TECNOLOGIA EM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM *LIGHT STEEL FRAMING (LSF)*.

I. Questionário estruturado

O questionário foi estruturado, contendo uma introdução, onde apresenta-se sinteticamente aos entrevistados os objetivos do estudo e ilustra-se os componentes, o esquema de montagem e as etapas executivas da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.

Participaram das entrevistas 45 profissionais de planejamento, produção e projeto que atuam em 26 empresas do setor da construção civil da Grande São Paulo, no período de 01/09/2016 a 30/10/2016.

- As questões 1 e 2 tiveram como objetivo identificar o perfil dos profissionais e das empresas participantes da entrevista.
- As questões 3 a 26 abordaram os aspectos de planejamento e produção das tecnologias para execução de fachadas: a tradicional com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos e a tecnologia com chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.
- A questão 27 reservou um espaço onde os entrevistados puderam manifestar textualmente, opiniões, comentários gerais e pontos críticos quanto à utilização da nova tecnologia apresentada para produção de fachadas.

O questionário foi enviado aos participantes por meio do recurso Google Formulários da ferramenta Google Docs, e, sua estrutura detalhada é apresentada na sequência.

Fachada com Painéis Leves

Este questionário é parte importante da pesquisa para fundamentação de minha dissertação de mestrado junto à Escola Politécnica da USP.

O objetivo é verificar o conhecimento de profissionais do mercado da construção civil em relação à tecnologia de fachada com estruturação em light steel frame (LSF) e fechamento externo em painéis leves fixados diretamente sobre o frame metálico, avaliando potenciais benefícios e eventuais pontos críticos para a utilização desta tecnologia em edificações verticais de múltiplos pavimentos, na visão destes profissionais.

Servirá também para consolidar alguns aspectos do processo convencional de execução de fachadas com alvenarias externas em blocos de vedação e revestimentos aderidos, atualmente praticado por diversas empresas do segmento.

A dissertação discute a tecnologia de fachada leve como uma alternativa para execução das fachadas numa edificação vertical com múltiplos pavimentos, sendo que, o estudo de caso utilizado no trabalho é uma torre residencial com térreo mais 25 pavimentos.

Os componentes da fachada em painéis leves, o esquema de montagem da fachada e as etapas executivas básicas de montagem da fachada, propostos na pesquisa, seguem nas ilustrações a seguir.

Todas as respostas e informações obtidas serão mantidos em total sigilo e confidencialidade, servindo apenas como base estatística no âmbito do presente trabalho acadêmico.

Agradeço desde já a colaboração de todos os colegas da área que se proponham a conhecer um pouco da tecnologia proposta e participar desta coleta de dados fundamental para minha pesquisa.

Componentes da Fachada Proposta na Pesquisa

Esquema de Montagem Proposto - Fachada Semi-Cortina

ESQUEMA DE MONTAGEM

Externo ao pavimento:

1. Membrana impermeável + fixação das chapas externas
2. Tratamento das juntas
3. Basecoat externo com tela de reforço

Interno ao pavimento:

1. Montagem da estrutura Light Steel Frame fixada na estrutura em concreto da edificação
2. Colocação da manta isolante
3. Fechamento com 2 chapas de gesso acartonado

Sequência Executiva Básica da Fachada em Painéis Leves

1. ESTRUTURAÇÃO LIGHT STEEL FRAME

2. CHAPEAMENTO EXTERNO

3. TRATAMENTO DAS JUNTAS

4. BASECOAT + TELA DE REFORÇO

5. COLOCAÇÃO DA MANTA ISOLANTE

6. CHAPEAMENTO INTERNO

NOTA IMPORTANTE ANTES DE INICIAR:

PARA AS RESPOSTAS AO PRESENTE QUESTIONÁRIO, LEVAR EM CONSIDERAÇÃO AS PRÁTICAS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NA EMPRESA NA QUAL VOCÊ TRABALHA.

Seu nome *

Texto de resposta curta

Empresa na qual você trabalha *

Texto de resposta curta

1. Em qual segmento da construção civil a empresa atua? *

- ☐ construção
- ☐ incorporação
- ☐ construção e incorporação
- ☐ projetos
- ☐ gerenciamento
- ☐ assessoria e consultoria
- ☐ outro

2. Qual é seu cargo na empresa? *

- ☐ gerente
- ☐ coordenador
- ☐ engenheiro residente
- ☐ engenheiro de planejamento
- ☐ engenheiro de produção
- ☐ assistente técnico/tecnólogo
- ☐ profissional de desenvolvimento tecnológico
- ☐ profissional de projetos
- ☐ outro

3. Qual tipo de vedação externa sua empresa utiliza "predominantemente" para execução das fachadas nas edificações verticais? Assinale somente o tipo mais utilizado. *

- ☐ alvenarias de vedação com revestimentos aderidos (argamassa, cerâmica, gesso, etc)
- ☐ fachadas pré-fabricadas
- ☐ fachadas unitizadas
- ☐ cortinas de vidro laminado
- ☐ outro
- ☐ não posso avaliar

4. No caso de utilização de alvenarias de vedação, qual tipo de bloco é mais utilizado? *

- ☐ blocos de concreto
- ☐ blocos cerâmicos
- ☐ outros
- ☐ não aplicável

5. Qual é o tipo de argamassa mais utilizada para o revestimento externo das fachadas?

- ☐ argamassa produzida no canteiro
- ☐ argamassa industrializada ensacada
- ☐ argamassa pré-misturada em silos
- ☐ argamassa usinada
- ☐ outras
- ☐ não posso avaliar

6. Na sua opinião, a execução das fachadas é uma atividade do caminho crítico do planejamento para execução de uma torre vertical com múltiplos pavimentos? *

- ☐ sim
- ☐ não
- ☐ não posso avaliar

...

7. Na sua opinião, uma tecnologia que reduza o prazo executivo do subsistema fachada (vedações externas+revestimentos externos+revestimento internos) pode gerar uma redução do prazo global para a finalização da obra? *

- ☐ sim
- ☐ não
- ☐ não posso avaliar

8. A execução das alvenarias externas e internas inicia-se em que momento? *

- ☐ após a concretagem da 6a laje da torre
- ☐ após a concretagem da 7a laje da torre
- ☐ após a concretagem da 8a laje da torre
- ☐ após a concretagem da 9a laje da torre

- ☐ após a concretagem da 10a laje da torre
- ☐ após a concretagem de outro pavimento superior aos anteriores
- ☐ não há procedimento padrão
- ☐ não posso avaliar

9. O encunhamento das alvenarias inicia-se em que momento? *

- ☐ após a conclusão das alvenarias do 6º pavimento
- ☐ após a conclusão das alvenarias do 7º pavimento
- ☐ após a conclusão das alvenarias do 8º pavimento
- ☐ após a conclusão das alvenarias do 9º pavimento
- ☐ após a conclusão das alvenarias do 10º pavimento
- ☐ após a conclusão da elevação das alvenarias de outro pavimento superior aos citados
- ☐ não há vinculação entre o início do encunhamento e a conclusão das alvenarias dos pavimentos
- ☐ não há procedimento padrão
- ☐ não posso avaliar

10. Qual equipamento de elevação vertical a empresa mais utiliza para execução dos revestimentos externos das fachadas? *

- ☐ balancins leves
- ☐ balancins pesados
- ☐ andaimes fachadeiros
- ☐ andaimes elétricos
- ☐ plataformas elétricas tipo cremalheira
- ☐ outros
- ☐ não posso avaliar

11. Quantas operações de subida e descida de equipamento geralmente são praticadas para a execução dos revestimentos externos em argamassa nas fachadas? *

- ☐ 2 subidas e 2 descidas de equipamento
- ☐ outra sequência executiva
- ☐ não posso avaliar

12. Quando inicia-se a atividade do chapisco externo nas fachadas? Assinale o prazo que mais se aproxima. *

- ☐ 30 a 40 dias após o encunhamento das alvenarias externas
- ☐ 41 a 50 dias após o encunhamento das alvenarias externas
- ☐ 51 a 60 dias após o encunhamento das alvenarias externas
- ☐ não há vinculação de prazo entre início do chapisco e o encunhamento das alvenarias externas
- ☐ não há procedimento padrão
- ☐ não posso avaliar

13. Qual é o prazo para início da etapa de acabamento final com pintura ou revestimentos aderidos nas fachadas? *

- ☐ 20 a 30 dias após a conclusão do revestimento em argamassa
- ☐ 31 a 40 dias após a conclusão do revestimento em argamassa
- ☐ 41 a 50 dias após a conclusão do revestimento em argamassa
- ☐ outro prazo superior aos anteriores
- ☐ não há procedimento padrão
- ☐ não posso avaliar

14. Qual é o ciclo médio de produção normalmente adotado para execução do chapisco externo nas fachadas? *

- ☐ 1 pavimento por dia
- ☐ 2 pavimentos por dia

- ☐ 3 pavimentos por dia
- ☐ 4 pavimentos por dia
- ☐ 5 pavimentos por dia
- ☐ 6 pavimentos por dia
- ☐ 7 pavimentos por dia
- ☐ 8 pavimentos por dia
- ☐ 9 pavimentos por dia
- ☐ 10 pavimentos por dia
- ☐ 11 ou mais pavimentos por dia
- ☐ não posso avaliar

15. Qual é o ciclo médio de produção normalmente adotado para execução da massa externa nas fachadas? *

- ☐ 1 pavimento por dia
- ☐ 1 pavimento a cada 2 dias
- ☐ 1 pavimento a cada 3 dias
- ☐ 1 pavimento a cada 4 dias
- ☐ 1 pavimento a cada 5 dias
- ☐ 1 pavimento a cada 6 dias
- ☐ 1 pavimento a cada 7 dias
- ☐ 1 pavimento num prazo superior aos acima citados
- ☐ não posso avaliar

16. A empresa utiliza ou já utilizou algum sistema de vedação com construção a seco: paredes em gesso acartonado, paredes em steel frame, fachada unitizada, fachada pré-fabricada de concreto, cortina de vidro laminado, etc? *

- ☐ sim
- ☐ não

...

17. Em caso afirmativo, qual seria este sistema? Assinale todos os que já tenham sido utilizados *

- ☐ paredes em gesso acartonado (dry-wall)
- ☐ ☐ paredes em steel frame
- ☐ fachada unitizada
- ☐ fachada pré-fabricada de concreto
- ☐ cortina de vidro laminado
- ☐ outros
- ☐ não posso avaliar

18. Qual é o seu conhecimento sobre a tecnologia de fachada com estrutura metálica em light steel frame e painéis leves externos? *

- ☐ já li algo a respeito
- ☐ conhecimento básico
- ☐ conhecimento aprofundado
- ☐ não conheço a tecnologia

...

19. Você já trabalhou na fase de produção com esta tecnologia? *

- ☐ sim
- ☐ não

...

20. Na sua opinião, o sistema de fachada com painéis leves apresentado, tem o potencial para reduzir o prazo de execução das fachadas em relação ao processo convencional com alvenarias? *

- ☐ sim
- ☐ não
- ☐ não tenho como avaliar

21. Na sua opinião, quais seriam os impedimentos ou pontos críticos para a utilização da tecnologia de fachada com estrutura em light steel frame e painéis leves externos em obras verticais de múltiplos pavimentos? Assinalar no máximo 6 alternativas. *

- ☐ custo mais alto em relação ao processo convencional
- ☐ incertezas técnicas em relação à tecnologia de fachada leve
- ☐ possíveis patologias
- ☐ desempenho térmico ou acústico da tecnologia
- ☐ capacitação da mão de obra
- ☐ baixa disponibilidade de fornecedores no mercado nacional
- ☐ presença de componentes importados
- ☐ compatibilização com os demais subsistemas da edificação
- ☐ questões relacionadas a projetos
- ☐ questões sobre as fixações metálicas do light steel frame na estrutura da edificação
- ☐ estanqueidade e durabilidade da fachada
- ☐ questões relacionadas à corrosão dos componentes metálicos

22. O processo executivo da fachada com painéis leves compreende basicamente: *

1. Estrutura metálica do light steel frame;
 2. Membrana impermeável e chapeamento externo;
 3. Tratamento das juntas e reforços;
 4. Basecoat externo com malha de reforço;
 5. Colocação da manta isolante;
 6. Chapeamento interno em gesso acartonado e tratamento das juntas.
- Na sua opinião, quais seriam as etapas mais críticas? Assinale as 2 etapas que julgar mais críticas.

- ☐ montagem de estrutura metálica do light steel frame
- ☐ aplicação da membrana impermeável e fixação das chapas externas
- ☐ tratamento das juntas e aplicação das telas de reforço

- ☐ aplicação do basecoat externo com a malha de reforço
- ☐ colocação da manta isolante
- ☐ chapeamento interno com 2 chapas de gesso acartonado
- ☐ tratamento das juntas das chapas de gesso acartonado internas
- ☐ não posso avaliar

...

23. Você utilizaria uma tecnologia para execução de fachadas que proporcionasse uma redução de prazo entre 3 a 4 meses na execução de uma torre com 25 pavimentos, mas, que apresentasse um custo entre 20% a 30% maior em relação ao processo convencional com alvenarias? *

- ☐ sim
- ☐ não
- ☐ não posso avaliar

...

24. Na sua opinião, a tecnologia proposta, traz potenciais benefícios ou vantagens na execução de torres verticais em relação ao processo convencional de produção das fachadas? *

- ☐ sim
- ☐ não
- ☐ não posso avaliar

25. Em sua opinião, numa avaliação preliminar, quais seriam os principais benefícios com a utilização desta tecnologia? Assinale no máximo 5 alternativas. *

- ☐ maior produtividade
- ☐ redução do prazo da obra
- ☐ redução de mão de obra na atividade
- ☐ processo mais racionalizado
- ☐ redução nas áreas de estocagem de materiais no canteiro
- ☐ benefícios quanto à gestão de resíduos

☐ maior facilidade na fiscalização e no controle do processo executivo

☐ mão de obra mais capacitada

☐ redução de possíveis patologias pós-obra

☐ utilização de componentes industrializados

☐ outros

☐ não posso avaliar

26. Você adotaria a tecnologia de fachada com painéis leves em seus projetos futuros? *

☐ Sim

☐ Não

☐ Não posso avaliar

27. Este espaço é reservado caso você queira apontar, sinteticamente, algum comentário, opinião ou ponto crítico na utilização da tecnologia apresentada.

Texto de resposta longa

Fonte: *Google* Formulários – *Google Docs* (2016)

II. Dados obtidos nas entrevistas

Os dados obtidos nas entrevistas, compilados pelo autor, são apresentados nesta seção do apêndice, através de gráficos de setores, também chamados de “gráficos tipo pizza”, onde, em cada questão, a representatividade de cada alternativa encontra-se expressa em percentual.

Buscando-se uma maior clareza na apresentação dos gráficos, o enunciado das questões e de algumas das alternativas foi simplificado, mas, podem ser consultado no questionário completo que consta da seção I do presente apêndice.

Os gráficos encontram-se apresentados de acordo com a numeração sequencial das questões.

1. Em qual segmento da construção civil a empresa atua?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

2. Qual é o seu cargo na empresa?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

3. Qual tipo de vedação externa a empresa utiliza para a execução de fachadas?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

4. No caso de alvenarias de vedação, qual é o tipo de bloco mais utilizado?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

5. Qual é o tipo de argamassa mais utilizado no revestimento externo das fachadas?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

6. A execução das fachadas é uma atividade do caminho crítico do planejamento numa edificação de múltiplos pavimentos?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

7. Uma tecnologia que reduza o prazo de execução das atividades de fachada pode reduzir o prazo total para finalização da obra?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

8. Quando inicia-se a execução das alvenarias externas?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

9. Quando inicia-se o encunhamento das alvenarias?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

10. Qual equipamento a empresa utiliza para execução dos revestimentos externos de fachada?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

11. Quantas operações de subida e descida são praticadas para execução dos revestimentos de fachada?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

12. Quando se inicia a atividade de chapisco externo da fachada?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

13. Qual é o prazo para início da pintura externa na fachada?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

14. Qual é o ciclo médio de produção adotado para o chapisco externo na fachada?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

15. Qual é o ciclo médio de produção adotado para a massa externa na fachada?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

16. A empresa utiliza ou já utilizou algum sistema de vedação à seco?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

17. Caso afirmativo, qual seria este sistema? Assinale todos os que já foram utilizados.

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

18. Qual é o seu conhecimento sobre a tecnologia de fachada com estrutura em *Light Steel Framing* e painéis leves?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

19. Você já trabalhou na fase de produção com esta tecnologia?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

20. O sistema de fachada com painéis leves apresentado tem potencial de redução de prazo em relação ao processo tradicional com alvenarias?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

21. Quais seriam os pontos críticos para a utilização da tecnologia apresentada? Assinale no máximo 6 alternativas.

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

22. Na sua visão, assinale as 2 etapas executivas mais críticas da tecnologia.

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

23. Você utilizaria uma tecnologia para produção de fachada que reduzisse o prazo de edificação entre 3 a 4 meses, mas, que tivesse um custo entre 20 a 30% maior do que o tradicional

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

24. Na sua opinião a tecnologia apresentada traz potenciais benefícios em relação ao processo convencional de produção de fachadas?

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

25. Na sua opinião, quais seriam os principais benefícios com a utilização desta tecnologia? Assinale no máximo 5 alternativas.

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

Fonte: Compilado pelo autor de *Google Docs* (2016)

Os comentários, opiniões e pontos críticos apontados pelos entrevistados na questão 27 podem ser sintetizados nos seguintes tópicos:

- Uma visão sistêmica da edificação com os demais subsistemas proporcionaria condições para uma melhor avaliação da tecnologia;
- A tecnologia adotada para execução das vedações internas da edificação deve ser compatível com a tecnologia com chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, *drywall*, por exemplo, para que se obtenha o máximo de benefício em termos de produtividade;
- A questão da aceitação da tecnologia pelas incorporadoras, corretores e pelos clientes foi citada como um desafio a ser superado;
- O controle mais rigoroso do prumo da edificação demanda uma gestão mais crítica na produção da superestrutura;
- A tecnologia tradicional com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos, apesar do aspecto artesanal, atende aos requisitos da ABNT NBR 15575:2013;
- A necessidade de ensaios da tecnologia com diversas configurações de montagem fornecidos pelos fabricantes foi destacada para avaliação do desempenho da tecnologia frente às recomendações da ABNT NBR 15575:2013;

- A redução do prazo de entrega do empreendimento atrelada à antecipação dos recebíveis dos clientes (repasse dos financiamentos) pode compensar o investimento maior para a produção da fachada com a tecnologia de chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)* na fase de execução da obra;
- A baixa disponibilidade de fornecedores no mercado, bem como, somente a venda dos componentes do sistema, desvinculada da aplicação, da fiscalização e da garantia pós-obra, foi apontada como ponto crítico por diversos entrevistados que se encontram atualmente buscando novas tecnologias para produção de fachada;
- O impacto no fluxo financeiro durante a execução da obra e o aspecto da segurança do trabalho, no que se refere às proteções perimetrais, foram apontados como pontos importantes a serem avaliados;
- A redução de cargas aplicadas à estrutura do edifício pela vedação externa mais leve pode ser um fator positivo no dimensionamento estrutural, devendo ser avaliada na fase de projeto.

APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA ÁREA TOTAL DE FACHADA DA TORRE RESIDENCIAL PARA AS COMPOSIÇÕES DE CUSTO DAS TECNOLOGIAS EM ESTUDO

Este apêndice apresenta a composição da área total de fachada da torre residencial, válida para ambas as tecnologias em estudo:

- tecnologia tradicional com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos;
- tecnologia com chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.

III. Área total de fachada na torre residencial

Para o levantamento da área total de fachada da torre residencial em estudo, a edificação foi dividida em três setores, conforme indicado na Figura 103.

Figura 103– Divisão das fachadas em setores para o levantamento da área total de fachada

Fonte: adaptado pelo autor de MCAA Arquitetos (2008)

Com base no projeto arquitetônico, foram determinados o perímetro externo total e a quantidade, as dimensões e a área de cada esquadria (portas e janelas) ou abertura presentes nas fachadas de cada pavimento: térreo, tipos e cobertura.

O pavimento térreo da torre residencial apresenta uma área interna menor em relação à área de projeção das lajes do primeiro pavimento da torre, constituindo um trecho em pilotis, com pilares e *shafts* isolados (Figura 104).

Figura 104– Área interna e trecho em pilotis do pavimento térreo da torre residencial

Fonte: Adaptado pelo autor de MCAA Arquitetos (2008)

As superfícies externas dos pilares e *shafts* isolados do pavimento térreo foram computadas no cálculo da área total de fachada da torre residencial, tendo-se duas situações quanto à execução do revestimento externo destes elementos:

- revestimento externo aplicado sobre as superfícies de concreto dos pilares;
- revestimento externo aplicado sobre as vedações de fechamento dos *shafts*.

No caso da tecnologia convencional com alvenarias e revestimentos aderidos, o revestimento externo será executado com aplicação de argamassa sobre as superfícies de concreto e sobre as alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, utilizadas nesta tecnologia para as vedações de fechamento dos *shafts*.

No caso da tecnologia em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, o revestimento externo será executado com a aplicação das chapas externas sobre perfis metálicos galvanizados fixados às superfícies de concreto dos pilares e

sobre a estruturação em *Light Steel Framing (LSF)*, utilizada nesta tecnologia, para execução das vedações de fechamento dos *shafts*.

As quantidades totais de revestimento sobre concreto e revestimento sobre as vedações de fechamento dos *shafts* no trecho em pilotis do pavimento térreo, encontram-se no Quadro 108.

Quadro 108– Área de revestimento em pilares e shafts no trecho em pilotis do pavimento térreo

Tipologia	Comprimento total (m)	Altura (m)	Área (m²)
Revestimento sobre concreto em pilares	22,60	4,20	94,92
Revestimento sobre o fechamento de shafts	11,08	4,20	46,54
Total			141,46

Fonte: Elaborado pelo autor

O perímetro externo e as áreas das esquadrias e aberturas presentes nas fachadas de cada pavimento encontram-se no Quadro 109.

Quadro 109– Perímetro externo, quantidade e áreas de esquadrias e aberturas nas fachadas de cada pavimento da torre residencial

Pavimentos	Perímetro externo (m)	Esquadrias e aberturas das fachadas			
		Base (m)	Altura (m)	Quant	Área total (m²)
Pavimento térreo	93,93	1,70	3,20	3	16,32
		2,20	2,60	4	22,88
		5,00	2,60	2	26,00
		3,80	3,20	1	12,16
		0,84	2,20	2	3,70
		1,80	3,20	1	5,76
		3,80	3,20	1	12,16
		0,90	2,20	1	1,98
		1,55	1,00	1	1,55
					102,51
Pavimento-tipo	106,04	2,00	2,22	4	17,76
		1,20	1,17	4	5,62
		1,50	1,17	4	7,02
		0,60	0,57	4	1,37
		1,20	1,17	4	5,62
		1,465	1,15	4	6,74
					44,13
Cobertura	106,04	-	-	-	-
					-

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 110 apresenta a memória de cálculo da área total de fachada e da área de panos da fachada da torre residencial.

A área de panos é obtida pela subtração da área total de fachada pela área total de esquadrias e aberturas, correspondendo à área de fachada efetivamente revestida com argamassa (tecnologia tradicional) ou chapas delgadas (tecnologia com chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing – LSF*).

Quadro 110– Área total de fachada e área de panos da fachada da torre residencial

Pavimento	Perímetro do pavimento (m) A	Altura do pavimento (m) B	Área total de fachada (m²) C = A x B	Esquadrias e aberturas (m²) D	Área de panos (m²) E = C - D
Térreo	93,93	4,20	394,51	102,51	292,00
Pilotis térreo	33,68	4,20	141,46	-	141,46
Tipo (1x)	106,04	2,82	299,03	44,13	254,90
Tipo (25x)	-	-	7.475,75	1.103,25	6.372,50
Cobertura	106,04 x 2*	1,20	254,50	-	254,50
* No caso da platibanda da cobertura, deve-se computar as duas faces: a face externa, alinhada às fachadas da torre residencial e a face interna ao pavimento cobertura					
Total			8.266,22		7.060,46

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C – DETALHAMENTO E MEMÓRIAS DE CÁLCULO DE QUANTIDADES DOS MATERIAIS E COMPONENTES PARA COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DA FACHADA DA TORRE RESIDENCIAL EXECUTADA COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO E REVESTIMENTOS ADERIDOS.

Este apêndice apresenta os levantamentos de quantidades de cada material e componente da tecnologia tradicional com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos para execução das fachadas da torre residencial do projeto em estudo.

Os componentes da tecnologia são aqueles descritos nos itens 3.1 e 3.2 do Capítulo 3 deste trabalho.

A divisão da quantidade total necessária de cada constituinte da tecnologia para execução de uma torre residencial pela área total de fachadas dessa mesma edificação gera os coeficientes de consumo de materiais por área de fachada, utilizados na composição de custos unitários.

IV. Área total de fachada em uma torre residencial

O levantamento da área total de fachada e da área total de revestimento da fachada da torre residencial encontra-se detalhado no Apêndice B e apresenta os seguintes valores finais:

- Área total de fachada na torre residencial: 8.266,22 m²
- Área total de revestimento na fachada da torre residencial: 7.060,46 m²

V. Quantidade de materiais para execução das alvenarias de vedação externas dos pavimentos

Pela presença de pilares e vigas de concreto armado no alinhamento externo dos pavimentos, a superfície da fachada dos pavimentos é constituída pelos seguintes componentes:

- Alvenarias de vedação em blocos cerâmicos
- Portas balcão (terraços) e janelas (dormitórios e banho) de alumínio com vidro
- Superfícies em concreto armado – pilares e vigas

Para composição de custos da fachada devem ser levantadas no projeto arquitetônico as áreas de cada componente.

A platibanda da cobertura tem em sua composição apenas alvenarias de vedação, não havendo esquadrias de alumínio e nem peças estruturais em concreto armado.

II.1 Pavimentos-tipos

O levantamento de quantidade das alvenarias de vedação externas do pavimento-tipo é realizado a partir da identificação e da soma das áreas das elevações detalhadas no projeto de vedações.

Na Figura 105 são destacadas as alvenarias de vedação que compõe as fachadas do pavimento-tipo, com base no projeto de vedações.

Figura 105– Alvenarias de vedação que compõem as fachadas dos pavimentos-tipos da torre residencial – ¼ de pavimento (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Addor & Associados (2008)

As elevações das alvenarias que compõem a fachada do pavimento-tipo, detalhadas no projeto de vedações e apresentadas nas Figuras 106, 107, 108, 109 e 110, foram identificadas como: 01 a 06, com quatro repetições cada uma e 08, com duas repetições. No projeto de vedações, a alvenaria 07 é uma vedação interna.

Figura 106– Elevação da alvenaria 01 (sem escala)

Fonte: Addor & Associados (2008)

Figura 107– Elevações das alvenarias 02 e 03 (sem escala)

Fonte: Addor & Associados (2008)

Figura 108– Elevação da alvenaria 04 (sem escala)

Fonte: Addor & Associados (2008)

Figura 109– Elevações das alvenarias 05 e 06 (sem escala)

Fonte: Addor & Associados (2008)

Figura 110– Elevação da alvenaria 08 (sem escala)

Fonte: Addor & Associados (2008)

O Quadro 111 apresenta a área total das elevações e a área total de materiais (blocos cerâmicos e juntas) das elevações das alvenarias externas dos pavimentos-tipos da torre residencial.

Quadro 111– Área total de materiais (blocos cerâmicos e juntas) das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial

Alvenaria	Esp alvenaria (cm)	Área total da elevação (m²) A	Desconto das aberturas (m²) B	Área total de materiais (m²) C = A - B	Quantidade no pavimento (un) D	Área total das elevações (m²) A x D	Área total de materiais (m²) C x D
01	19	12,40	6,18	6,22	4	49,60	24,88
02	14	7,34	1,92	5,42	4	29,36	21,68
03	19	4,55	-	4,55	4	18,20	18,20
04	19	7,04	1,97	5,07	4	28,16	20,28
05	14	5,00	-	5,00	4	20,00	20,00
06	14	3,68	1,51	2,17	4	14,72	8,68
08	14	6,68	-	6,68	2	13,36	13,36
Total						173,40	127,08

Fonte: Elaborado pelo autor

Além do detalhamento de cada elevação de alvenaria do pavimento, o projeto de vedações traz ainda a quantidade de blocos cerâmicos e peças complementares, necessárias para a execução de cada alvenaria, conforme ilustrado nas Figuras 111 e 112.

Figura 111– Quantidade de componentes para execução das alvenarias 01, 02, 03 e 04

PAREDE 01 (4x) ESPESSURA = 19.0cm		PAREDE 02 (4x) ESPESSURA = 14.0cm		PAREDE 03 (4x) ESPESSURA = 19.0cm		PAREDE 04 (4x) ESPESSURA = 19.0cm	
BLOCO	QUANTIDADE	BLOCO	QUANTIDADE	BLOCO	QUANTIDADE	BLOCO	QUANTIDADE
INTEIRO	58	INTEIRO	46	INTEIRO	46	INTEIRO	42
1/2	25	1/2	24	1/2	18	1/2	19
BL9	—	BL9	—	BL9	—	BL9	10
BL4	5	BL4	17	BL4	—	BL4	3
CANALETA	5	CANALETA	6	CANALETA	—	CANALETA	7
						1/2 CAN	1

Fonte: Addor & Associados (2008)

Figura 112– Quantidade de componentes para execução das alvenarias 05, 06 e 08

PAREDE 05 (4x) ESPESSURA = 14.0cm		PAREDE 06 (4x) ESPESSURA = 14.0cm		PAREDE 08 (2x) ESPESSURA = 14.0cm	
BLOCO	QUANTIDADE	BLOCO	QUANTIDADE	BLOCO	QUANTIDADE
INTEIRO	50	INTEIRO	18	INTEIRO	65
1/2	21	1/2	4	1/2	24
BL9	—	BL9	5	BL9	11
BL4	—	BL4	5	BL4	11
CANALETA	—	CANALETA	4	CANALETA	—

Fonte: Addor & Associados (2008)

Com base nas quantidades de peças cerâmicas informadas no projeto de vedação para cada alvenaria, pode-se calcular a quantidade total de peças cerâmicas para todas as alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial, conforme apresentado no Quadro 112.

Quadro 112– Quantidade total de peças cerâmicas para execução das alvenarias externas de um pavimento da torre residencial

Peças cerâmicas	Quant total na parede 01 (un)	Quant total na parede 02 (un)	Quant total na parede 03 (un)	Quant total na parede 04 (un)	Quant total na parede 05 (un)	Quant total na parede 06 (un)	Quant total na parede 08 (un)	Quantidade Total em um pavimento (un)
19 cm								
Inteiro	232		184	168				584
1/2	100		72	76				248
BL9				40				40
BL4	20			12				32
Canaleta	20			28				48
½ Canaleta				4				4
14 cm								
Inteiro		184			200	72	130	586
1/2		96			84	16	48	244
BL9						20	22	42
BL4		68				20	22	110
Canaleta		24				16		40

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo-se a quantidade total de cada componente para execução de todas as alvenarias externas e a área total de alvenarias externas em um pavimento-tipo, pode-se estabelecer os coeficientes de consumo por área de alvenaria de cada componente, considerando-se alvenarias com espessura de 14cm e de 19 cm, conforme apresentado no Quadro 113.

Quadro 113– Coeficientes de consumo de peças cerâmicas por área de alvenarias externas para o pavimento-tipo da torre residencial

Componente (largura x altura x comprimento)	Quant total para execução do pavimento-tipo (un) A	Área total de material nas alvenarias externas do pavimento-tipo (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de material de alvenaria (un/m²) (A+5%) / B
Espessura de 19 cm			
Inteiro – bloco inteiro 19x19x39 cm	584	63,36	9,678
1/2 – ½ bloco 19x19x19 cm	248		4,110
BL9 – bloco compensador 9x19x19 cm	40		0,663
BL4 – bloco compensador 4x19x19 cm	32		0,530
Canaleta – canaleta inteira 19x19x39 cm	48		0,795
½ Canaleta – ½ canaleta 19x19x19 cm	4		0,066
Espessura de 14 cm			
Inteiro – bloco inteiro 19x19x39 cm	586	63,72	9,656
1/2 – ½ bloco 19x19x19 cm	244		4,021
BL9 – bloco compensador 9x14x19 cm	42		0,692
BL4 – bloco compensador 4x14x19 cm	110		1,813
Canaleta – canaleta inteira 14x19x39 cm	40		0,659
Perda adotada para as peças cerâmicas de 5% (TCPO 14 PINI, 2011) ⁴⁰			

Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo detalhamento das elevações no projeto de vedações, pode-se determinar ainda:

- a quantidade total de telas galvanizadas e pinos de aço (dois pinos por tela) para amarração das alvenarias aos pilares de concreto (Figura 113)
- a quantidade total de argamassa industrializada para chapisco para a fixação lateral das alvenarias nos pilares de concreto (Figura 113)

⁴⁰ O TCPO – Tabela de Composições e Preços para Orçamentos publicado pela Editora PINI é a principal referência de engenharia de custos do Brasil, estando atualmente em sua versão 14, publicada em 2011.

Figura 113– Telas galvanizadas, pinos e argamassa industrializada para chapisco
para fixação das alvenarias junto aos pilares de concreto armado

Fonte: Adaptado pelo autor de Perame (2016)

- a quantidade de graute⁴¹ para execução das contravergas nas aberturas da fachada com enchimento em blocos do tipo canaleta (Figura 114)

Figura 114– Contraverga em bloco cerâmico tipo canaleta preenchido com graute

Fonte: Skora Construtora (2011)

As quantidades destes componentes, levantadas para o pavimento-tipo da torre residencial encontram-se representadas nos Quadros 114, 115 e 116.

⁴¹ O graute é um concreto fluido com agregados de pequena dimensão (Ramalho e Corrêa, 2003).

Quadro 114– Quantidade total de telas e pinos para execução das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial

Telas e pinos	Quant total nas paredes 01 (un)	Quant total nas paredes 02 (un)	Quant total nas paredes 03 (un)	Quant total nas paredes 04 (un)	Quant total nas paredes 05 (un)	Quant total nas paredes 06 (un)	Quant total nas paredes 08 (un)	Quantidade total em um pavimento (un)
Tela 17,5x50 cm	40		40	40				120
Tela 12,0x50 cm		40			40	40	20	140
Pino	80	80	80	80	80	80	40	520
As quantidades dos componentes para as paredes são totais, levando-se em consideração as repetições de cada uma delas no pavimento-tipo								

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 115– Quantidade total de argamassa industrializada para chapisco para fixação lateral das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial

Argamassa Industrializada para chapisco	Quant total nas paredes 01/03/04 (m)	Quant total nas paredes 02/05/06/08 (m)	Consumo de argamassa para chapisco (kg/m)	Quantidade total em um pavimento (kg)
	A	B	C	(A+B) x C
Alvenarias 19 cm	54,00		1,20	64,80
Alvenarias 14 cm		63,00	0,90	56,70
Total				121,50
As quantidades dos componentes para as paredes são totais, levando-se em consideração as repetições de cada uma delas no pavimento-tipo				

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 116– Quantidade total de graute usinado para execução das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial

Graute usinado em bloco canaleta	Quant total nas paredes 01/03/04 (m)	Quant total nas paredes 02/05/06/08 (m)	Consumo de grout usinado (m³/m)	Quantidade total em um pavimento (m³)
	A	B	C	(A+B) x C
Alvenarias 19 cm	16,00		0,036	0,58
Alvenarias 14 cm		16,00	0,027	0,43
Total				1,01

Fonte: Elaborado pelo autor

Para concluir os quantitativos de componentes para execução das alvenarias de vedação externas, resta calcular os consumos de argamassa para assentamento dos blocos e argamassa expansora para a fixação das alvenarias. Estes consumos são apresentados nos Quadros 117 e 118.

Quadro 117– Quantidade total de argamassa de assentamento dos blocos para execução das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial

Argamassa de assentamento dos blocos	Área total de materiais das alvenarias (m ²) A	Consumo médio de argamassa por área de alvenaria (kg/m ²) B	Quantidade total em um pavimento (kg) A x B
Alvenarias 19 cm	63,36	23,00	1.457,28
Alvenarias 14 cm	63,72	17,00	1.083,24
Total			2.540,52
Consumo de argamassa de assentamento, conforme experiência em campo do autor			

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 118– Quantidade total de argamassa expansiva para fixação das alvenarias externas do pavimento-tipo da torre residencial

Argamassa expansiva para fixação de alvenarias	Quant total de fixação de alvenarias nas paredes 01/03/04 (m) A	Quant total de fixação de alvenarias nas paredes 02/05/06/08 (m) B	Consumo médio de argamassa expansiva para fixação (kg/m) C	Quantidade total em um pavimento (kg) (A+B) x C
Alvenarias 19 cm	21,68		10,83	234,79
Alvenarias 14 cm		22,30	7,98	177,95
Total				412,74
Consumo de argamassa expansiva de 19 kg.cm/m ² , conforme referência do fabricante Bautech (2016). A altura adotada para a fixação foi de 3 cm.				

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo-se os consumos de todos os componentes para execução das alvenarias de vedação externas do pavimento-tipo, pode-se calcular os coeficientes de consumo de cada um deles por área total de materiais das alvenarias, para cada espessura de alvenaria do projeto, conforme demonstrado nas Quadros 119 e 120.

Quadro 119– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas e coeficientes de consumo por área de materiais das alvenarias para o pavimento-tipo da torre residencial – alvenarias de 19 cm

pavimento tipo da torre residencial alvenarias de 10 cm				
Componente	un	Quantidade total do componente em um pavimento	Área total de material de alvenarias externas em um pavimento (m²)	Coeficiente de consumo unitário por área total de materiais das alvenarias externas com perda adotada de 5% (un/m²)
		A	B	(A+5%) / B
Bloco inteiro 19x19x39 cm	un	584	63,36	9,678
½ Bloco 19x19x19 cm	un	248		4,110
Compensador 9x19x19 cm	un	40		0,663
Compensador 4x19x19 cm	un	32		0,530
Canaleta inteira 19x19x39 cm	un	48		0,795
½ Canaleta 19x19x19 cm	un	4		0,066
Tela galvanizada 17,5x50 cm	pç	120		1,989
Pino de aço galvanizado	un	240		3,977
Argamassa colante	kg	64,80		1,074
Graute usinado	m³	0,58		0,010
Argamassa de assentamento	kg	1.457,28		24,15
Argamassa expansora	kg	234,79		3,706
Perda de 5% adotada para telas, pinos, argamassas e graute, conforme experiência de campo do autor.				

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 120– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas e coeficientes de consumo por área de materiais das alvenarias para o pavimento-tipo da torre residencial – alvenarias de 14 cm

pavimento-tipo da torre residencial - alvenarias de 14 cm				
Componente	un	Quantidade total do componente no pavimento-tipo	Área total de material de alvenarias externas em um pavimento (m²)	Coeficiente de consumo unitário por área total de materiais das alvenarias externas com perda adotada de 5% (un/m²)
		A	B	(A+5%) / B
Bloco inteiro 14x19x39 cm	un	586	63,72	9,656
½ Bloco 14x19x19 cm	un	244		4,021
Compensador 9x14x19 cm	un	42		0,692
Compensador 4x14x19 cm	un	110		1,813
Canaleta inteira 14x19x39 cm	un	40		0,659
Tela galvanizada 12,0x50 cm	pç	140		2,307
Pino de aço galvanizado	un	280		4,614
Argamassa colante	kg	56,70		0,934
Graute usinado	m³	0,43		0,007
Argamassa de assentamento	kg	1.083,24		17,85
Argamassa expansora	kg	177,95		2,793
Perda de 5% adotada para telas, pinos, argamassas e graute, conforme experiência de campo do autor.				

Fonte: Elaborado pelo autor

II.2 Pavimento térreo

Os coeficientes de consumos unitários obtidos na composição das alvenarias externas dos pavimentos-tipos, aplicados às áreas de vedos em alvenaria do pavimento térreo, serão utilizados para a estimativa da quantidade total de materiais para execução das alvenarias externas deste pavimento, conforme apresentado nos Quadros 121, 122 e 123.

Quadro 121– Área total de vedos em alvenarias das elevações do pavimento térreo da torre residencial

Alvenarias	Esp alvenaria (cm)	Área total das alvenarias (m ²)	Desconto de aberturas (m ²)	Área de vedos em alvenaria (m ²)	Quantidade no pavimento (un)	Área total de alvenarias (m ²)	Área total de vedos em alvenaria (m ²)
		A	B	C = A - B	D	A x D	C x D
Externas	19	11,14 x 3,63 40,44	22,32	18,12	1	40,44	18,12
Externas	14	48,22 x 3,63 175,04	80,19	94,85	1	175,04	94,85
Shafts	14	10,52 x 4,04 42,50	-	42,50	1	42,50	42,50
Total			102,51			257,98	155,47

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 122– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas do pavimento térreo da torre residencial – alvenarias de 14 cm

Componente	un	Área total de vedos em alvenaria no pavimento térreo (m ²)	Coeficiente de consumo unitário por área total de vedos em alvenaria do pavimento-tipo (un/m ²)	Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas do pavimento térreo (un)
		A	B	A x B
Bloco inteiro 14x19x39 cm	un	137,35	9,656	1.326,25
½ Bloco 14x19x19 cm	un		4,021	552,28
Compensador 9x14x19 cm	un		0,692	95,05
Compensador 4x14x19 cm	un		1,813	249,02
Canaleta inteira 14x19x39 cm	un		0,659	90,51
Tela galvanizada 12,0x50 cm	pç		2,307	316,87
Pino de aço galvanizado	un		4,614	633,73
Argamassa colante	kg		0,934	128,28
Graute usinado	m ³		0,007	0,96
Argamassa de assentamento	kg		17,85	2.451,70
Argamassa expansora	kg		2,793	383,62

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 123– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas do pavimento térreo da torre residencial – alvenarias de 19 cm

Componente	un	Área total de vedos em alvenaria no pavimento térreo (m ²) A	Coefficiente de consumo unitário por área total de vedos em alvenaria do pavimento-tipo (un/m ²) B	Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas do pavimento térreo (un) A x B
Bloco inteiro 19x19x39 cm	un	18,12	9,678	175,37
½ Bloco 19x19x19 cm	un		4,110	74,47
Compensador 9x19x19 cm	un		0,663	12,01
Compensador 4x19x19 cm	un		0,530	9,60
Canaleta inteira 19x19x39 cm	un		0,795	14,40
½ Canaleta 19x19x19 cm	un		0,066	1,20
Tela galvanizada 17,5x50 cm	pç		1,989	36,04
Argamassa colante	kg		1,074	19,46
Graute usinado	m ³		0,010	0,18
Argamassa de assentamento	kg		24,15	437,60
Argamassa expansora	kg		3,706	67,15

Fonte: Elaborado pelo autor

II.3 Platibanda da cobertura

O Quadro 124 apresenta as quantidades totais dos componentes para execução das alvenarias da platibanda do pavimento cobertura com altura de 1,20m. Para composição destas alvenarias, adotou-se cinco fiadas de blocos cerâmicos e a última fiada superior em bloco tipo canaleta preenchido com graute, na espessura de 19 cm.

Quadro 124– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas da platibanda do pavimento cobertura da torre residencial – alvenarias de 19 cm

Componente	un	Área total de vedos em alvenarias no pavimento (m ²) A	Coefficiente de consumo unitário por área total de vedos em alvenarias (un/m ²) B	Quantidade total de materiais para execução das alvenarias externas do pavimento A x B
Bloco inteiro 19x19x39 cm	un	127,25	11,214	1.427,00
Canaleta inteira 19x19x39 cm	un		2,247	285,93
Tela galvanizada 17,5x50 cm	pç		1,989	253,10
Graute usinado	m ³		0,030	3,82
Argamassa de assentamento	kg		24,15	3.073,09

Fonte: Elaborado pelo autor

II.4 Resumo geral dos materiais para execução das alvenarias de vedação externas da torre residencial

O Quadro 125 apresenta a quantidade total dos componentes para execução das alvenarias de vedação externas da torre residencial e os coeficientes de consumos unitários de cada componente por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 125– Quantidade total de componentes para execução das alvenarias externas e consumos unitários dos componentes por área total de fachadas da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m ²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A / B
Bloco inteiro 19x19x39 cm	un	16.933	8.266,22	2,049
½ Bloco 19x19x19 cm	un	6.585		0,797
Compensador 9x19x19 cm	un	1.062		0,128
Compensador 4x19x19 cm	un	850		0,103
Canaleta inteira 19x19x39 cm	un	1.275		0,154
½ Canaleta 19x19x19 cm	un	107		0,013
Bloco inteiro 14x19x39 cm	un	16.709		2,021
½ Bloco 14x19x19 cm	un	6.958		0,842
Compensador 9x14x19 cm	un	1.198		0,145
Compensador 4x14x19 cm	un	3.136		0,380
Canaleta inteira 14x19x39 cm	un	1.141		0,138
Tela galvanizada 17,5x50 cm	pç	3.440		0,416
Tela galvanizada 12,0x50 cm	pç	3.992		0,483
Pino de aço galvanizado	un	14.356		1,737
Argamassa colante	kg	3.338		0,404
Grout usinado	m ³	32		0,004
Argamassa de assentamento	kg	72.562		8,778
Argamassa expansível	kg	10.769		1,303

Fonte: Elaborado pelo autor

II.5 Resumo geral de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas da torre residencial

Para os levantamentos de quantidades de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas da torre residencial, levou-se em consideração

o critério de desconto dos vãos das alvenarias, conforme indicado pelo TCPO 14 PINI (2011), bem como, as demais premissas listadas abaixo:

- Sistema de medição de praxe: considerados cheios vãos com área inferior ou igual a 2 m²; vão com área superior a 2 m², descontado apenas o que exceder esta área (TCPO 14 PINI, 2011)
- Execução das alvenarias de vedação com mão de obra terceirizada, contratando-se empreiteiro especializado para execução do serviço, pagando-se o serviço executado por área de vedação executada
- Os custos unitários de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação a serem adotados no presente trabalho serão expressos em R\$/m² (reais por metro quadrado) e incluem:
 - Preparo das argamassas
 - Marcação das alvenarias dos pavimentos
 - Elevação das alvenarias
 - Colocação de pinos e telas de amarração
 - Enchimento de contravergas com grout usinado
 - Montagem, desmontagem e movimentação de andaimes ou plataformas de trabalho
 - Transporte horizontal dos materiais até os locais de aplicação nos pavimentos
 - Fixação das alvenarias
- Os custos unitários de mão de obra empreitada para execução de alvenarias de vedação de 14 cm ou de 19 cm praticados atualmente no mercado são iguais.

O Quadro 126 apresenta quantidade total de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação externas da torre residencial e o coeficiente de consumo deste serviço por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 126– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação da torre residencial e consumo unitário do serviços por área total de fachada da torre residencial

Pavimento	Área total de alvenarias (m ²)	Desconto de vãos superiores a 2 m ² (m ²)	Total de mão de obra empreitada para execução das alvenarias (m ²)	Área total de fachada da torre residencial (m ²)	Coefficiente de consumo unitário do serviço por área total de fachada da torre residencial (m ² /m ²)
	A	B	C = A - B	D	C / D
Alvenarias de vedação 14 cm e 19 cm					
Térreo	257,98	95,28	162,70	8.266,22	0,020
Pavimento-tipo (1x)	173,40	17,73	155,67		-
Pavimentos-tipos (25x)	4.335,00	443,25	3.891,75		0,471
Platibanda da cobertura	127,25	-	127,25		0,015
Totais	4.720,23	538,53	4.181,70	-	0,506

Fonte: Elaborado pelo autor

VI. Quantidade de materiais para execução dos revestimentos externos em argamassa da torre residencial

Pela presença de pilares e vigas de concreto armado no alinhamento externo dos pavimentos, a área total das fachadas dos pavimentos é constituída pelos seguintes componentes:

- Alvenarias de vedação em blocos cerâmicos
- Caixilhos de alumínio com vidro
- Superfícies em concreto armado – pilares e vigas

Para o levantamento de quantidades dos materiais para execução dos revestimentos externos da torre residencial, primeiramente, devem ser levantadas no projeto arquitetônico as áreas de cada componente.

A platibanda da cobertura tem em sua composição apenas alvenarias de vedação e receberá revestimento externo nas duas faces: a face externa alinhada com a fachada da torre residencial e a face interna a este pavimento, não havendo caixilhos de alumínio e nem peças estruturais em concreto armado.

A Quadro 127 apresenta a composição da área total de fachada da torre residencial, subdividida em:

- Alvenarias de vedação a revestir
- Superfícies de concreto a revestir
- Esquadrias de alumínio.

Quadro 127– Composição da área total de fachada da torre residencial

Composição das áreas das fachadas nos pavimentos	Área total (m ²)	Áreas com alvenarias de vedação a revestir (m ²)	Áreas com superfícies de concreto a revestir (m ²)	Áreas com esquadrias de alumínio (m ²)
Alvenarias de vedação				
Térreo	202,01	202,01		
Pavimento-tipo (1x)	127,08			
Pavimentos-tipos (25x)	3.177,00	3.177,00		
Platibanda da cobertura	254,50	254,50		
Superfícies de concreto				
Térreo	231,45		231,54	
Pavimento-tipo (1x)	127,82			
Pavimentos-tipos (25x)	3.195,50		3.195,50	
Caixilhos de alumínio				
Térreo	102,51			102,51
Pavimento-tipo (1x)	44,13			
Pavimentos-tipos (25x)	1.103,25			1.103,25
Totais	8.266,22	3.633,51	3.426,95	1.205,76

Fonte: Elaborado pelo autor

Serão levantadas as quantidades de cada material necessário para execução das etapas de revestimentos externos em argamassa, conforme apresentado no Quadro 128.

Quadro 128– Materiais necessários para execução dos revestimentos externos em argamassa na fachada da torre residencial

Superfície externa a revestir	Etapas de revestimentos externos	Materiais necessários
Alvenarias de vedação	Tela de reforço no encontro entre as alvenarias e os elementos estruturais (vigas e pilares)	Tela em fibra de vidro malha 10x10 mm
	Chapisco externo	Cimento CP II-E-32
		Areia média lavada
		Adesivo base PVA
	Massa externa	Massa industrializada ensacada para revestimento externo
	Tratamento de frisos no alinhamento do encontro entre alvenarias e vigas de concreto	Impermeabilizante para friso de fachada
Superfícies de concreto	Chapisco externo	Argamassa colante industrializada ensacada para chapisco externo
	Massa externa	Massa industrializada ensacada para revestimento externo

Fonte: Elaborado pelo autor

Para quantificação das telas externas para reforço, serão obedecidas as definições do **projeto de detalhamento de revestimento de fachada** (CTE, 2006), que especifica e detalha as juntas de reforço horizontais e verticais, presentes na fachada da torre residencial, conforme Figura 115.

Figura 115– Detalhes das telas de reforço horizontal e vertical para as fachadas da torre residencial (sem escala)

Fonte: CTE (2006)

O Quadro 129 traz a quantidade total de telas de reforço para as fachadas da torre residencial.

Quadro 129– Quantidade total de telas de reforço para as fachadas da torre residencial

Composição de áreas das fachadas nos pavimentos	Comprimento total de telas no pavimento no sentido horizontal (m)	Quantidade de telas no sentido vertical (m)	Altura das telas no sentido vertical (m)	Total de telas de reforço com perda adotada de 10% (m)
	A	B	C	[A + (BxC)] +10%
Telas horizontais – largura 25 cm				1.395,09
Térreo	57,73	-	-	63,50
Pavimento-tipo (1x)	44,18	-	-	-
Pavimentos-tipos (25x)	1.104,50	-	-	1.214,95
Platibanda da cobertura	106,04	-	-	116,64
Telas verticais – largura 50 cm				3.121,74
Térreo	-	38	3,63	151,74
Pavimento-tipo (1x)	-	48	2,25	-
Pavimentos-tipos (25x)		1.200,00	2,25	2.970,00
Área total de telas de reforço em fibra de vidro (m²)				1.909,64
Cálculo: $(1.395,09 \times 0,25 + 3.121,74 \times 0,50)$				
Perda de 10% adotada para as telas, conforme experiência de campo do autor				

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o cálculo das quantidades dos materiais necessários para execução dos revestimentos externos nas fachadas da torre residencial, foram adotadas as seguintes premissas:

- Consumo dos materiais para o chapisco externo sobre as alvenarias, conforme traço e recomendações definidos no **projeto de detalhamento de revestimento de fachada** (CTE, 2006) e experiência em campo do autor (Quadro 130). O traço é produzido no canteiro. O adesivo base PVA adotado é o Pulvitec Chapisco do fabricante Pulvitec.

Quadro 130– Chapisco para parede externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3 e adesivo base PVA, e=5 mm – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento

Componente	Un	Coeficiente
Areia média lavada	m³	0,0061
Cimento CP-32	kg	2,72
Adesivo de base PVA	l	0,15

Fonte: Elaborado pelo autor

- Argamassa externa aplicada por meio de projeção mecânica.
- Espessura média adotada para o revestimento externo em argamassa: 4,0 cm

- Consumo da massa industrializada ensacada para revestimento externo, conforme consumo empírico informado pelos fabricantes, acrescido do sobreconsumo verificado na experiência em campo do autor (30%), considerando-se a aplicação por meio de projeção mecânica:
 - Consumo informado pelos fabricantes: 18 kg.cm/m² ⁴²
 - Consumo adotado para os levantamentos: 23,4 kg.cm/m²

- Consumo de impermeabilizante para tratamento dos frisos nas fachadas, conforme informado pelo fabricante Baucryl referente ao produto Baucryl Vedafriso, acrescido de 5% de sobreconsumo.
 - Consumo informado pelo fabricante: 0,30 kg/m de friso (2 demãos)
 - Consumo adotado para os levantamentos: 0,32 kg/m de friso

- Consumo da argamassa industrializada ensacada para o chapisco externo sobre as superfícies de concreto, conforme informado pelo fabricante Weber Saint Gobain referente ao produto Chapisco Colante Quartzolit, acrescido de 5% de sobreconsumo:
 - Consumo informado pelo fabricante: 4,2 kg/m²
 - Consumo adotado para os levantamentos: 4,4 kg/m²

O Quadro 131 traz a quantidade total de argamassas, adesivo base PVA e impermeabilizante de frisos para revestimento externo das superfícies em alvenarias de vedação das fachadas da torre residencial.

⁴² Kg.cm/m² - consumo do produto por cm de espessura da camada por m² de superfície revestida.

Quadro 131– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos externos sobre as superfícies em alvenarias de vedação da torre residencial

Componentes	un	Área total dos vedos em alvenaria de na torre residencial (m ²)	Total de frisos na torre residencial (m)	Consumo do componente por área de vedos em alvenaria (un/m ²) ou (un/m)	Total de componentes para execução dos revestimentos externos em superfícies com alvenarias da fachada da torre residencial (un) AxC ou BxC
		A	B	C	
Chapisco externo		3.633,51	1.268,27		
Cimento CPPII-E-32	kg			2,72	9.883,15
Areia média lavada	m ³			0,0061	22,16
Adesivo base PVA	kg			0,15	545,03
Massa externa 4,0 cm					
Argamassa industrializada	kg			93,60	340.096,54
Tratamento de frisos					
Impermeabilizante para frisos	kg			0,32	405,78

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 132 traz a quantidade total de argamassas para revestimento externo das superfícies em concreto das fachadas da torre residencial.

Quadro 132– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos externos sobre as superfícies em concreto da torre residencial

Componentes	un	Área total das superfícies em concreto na torre residencial (m ²)	Consumo do componente por área de superfícies em concreto (un/m ²) ou (un/m)	Total de componentes para execução dos revestimentos externos em superfícies em concreto das fachadas da torre residencial (un) A x B
		A	B	
Chapisco externo		3.426,95		
Argamassa colante industrializada	kg		4,40	15.078,58
Massa externa				
Argamassa industrializada	kg		93,60	320.762,52

Fonte: Elaborado pelo autor

III.1 Resumo geral dos materiais para execução dos revestimentos externos da torre residencial

O Quadro 133 apresenta a quantidade total dos componentes para execução dos revestimentos externos da torre residencial e os coeficientes de consumos unitários de cada componente por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 133– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos externos

e consumos unitários dos materiais por área total de fachada da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
Cimento CP-II-32	kg	9.883,15	8.266,22	1,196
Areia média lavada	m³	22,16		0,003
Adesivo base PVA para chapisco	kg	545,03		0,066
Argamassa colante industrializada para chapisco	kg	15.078,58		1,824
Argamassa industrializada para revestimento externo	kg	660.859,06		79,947
Tela de fibra de vidro malha 10x10 mm	m²	1.909,64		0,231
Impermeabilizante para tratamento de frisos	kg	405,78		0,049

Fonte: Elaborado pelo autor

III.2 Resumo geral de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos e acabamentos externos da torre residencial

Para os levantamentos de quantidades de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos externos da torre residencial, levou-se em consideração o critério de desconto dos vãos das fachadas, conforme praticado atualmente por boa parte das empresas de construção do mercado, bem como, as demais premissas listadas abaixo:

- Sistema de medição de praxe: não descontar vãos até 2 m²; vãos entre 2 m² e 4 m², descontar apenas o que exceder a 2 m²; vãos superiores a 4 m², descontar os vãos integralmente (experiência de campo do autor).

- Por este critério de medição, consideram-se inclusas no custo unitário de mão de obra empreitada por metro quadrado de revestimento, as requadrações nos vãos de esquadrias e aberturas das fachadas.
- São tratados como panos de fachadas e “medidos em metros quadrados” as superfícies com largura de base superior a 50 cm.
- São tratados como faixas de fachada e “medidos em metros” as superfícies com largura de base igual ou inferior a 50 cm, sendo cobrados, em geral, à razão de 50% do valor cobrado pelo m² de revestimento externo.
- Execução dos revestimentos externos com mão de obra terceirizada, contratando-se empreiteiro especializado para execução do serviço, pagando-se o serviço executado por área de revestimento executado ou por comprimento de faixa de revestimento executada.
- Os custos unitários de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos externos adotados no presente trabalho serão expressos em R\$/m² (reais por metro quadrado) ou R\$/m (reais por metro) e o escopo de trabalho do empreiteiro contratado inclui:
 - Preparo das argamassas
 - Mapeamento do alinhamento e do prumo das fachadas
 - Limpeza e regularização das superfícies externas, inclusive, complemento das fixações das alvenarias pelo lado externo da edificação
 - Execução do chapisco externo sobre alvenarias e superfícies de concreto
 - Colocação das telas de reforço do revestimento externo nos encontros dos painéis de alvenarias e elementos estruturais
 - Execução da massa externa sobre o chapisco
 - Requadração dos vãos de esquadrias e aberturas das fachadas
 - Montagem e desmontagem dos balancins
 - Movimentação dos balancins
 - Locação do equipamento para projeção de argamassa (compressor e canecas de projeção)
 - Transporte horizontal dos materiais até os locais de aplicação nos pavimentos

- O custo unitário de mão de obra empreitada para colocação das telas de reforço entre alvenarias e estrutura, execução dos frisos na camada de argamassa e tratamento dos frisos da fachada com impermeabilizante, em geral, é pago ao empreiteiro de forma separada, por metro de serviço executado de cada um destes serviços.
- Para os levantamentos de quantidades do serviço de aplicação da textura acrílica sobre a massa externa da fachada, o critério de desconto de vãos é o mesmo utilizado para os revestimentos em argamassa. No entanto, neste tipo de serviço, além da área dos panos em metros quadrados e das faixas em metros, também as requadrações das esquadrias e dos vãos da fachada, são pagos à empresa contratada, por metro executado deste serviço.
- As empresas que executam o serviço de aplicação de textura acrílica externa são contratadas por empreitada com fornecimento de materiais, equipamentos e mão de obra especializada por conta da empresa contratada. O sistema de medição é o mesmo utilizado para os revestimentos em argamassa, no entanto, a aplicação da textura acrílica na requadrção dos vãos da fachada também é quantificada e paga como faixa, por metro executado à empresa contratada.

O Quadro 134 traz a quantidade total de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos externos e tratamento de frisos das fachadas da torre residencial para os pavimentos: térreo, pavimentos-tipos (25x) e platibanda da cobertura.

Quadro 134– Resumo da mão de obra empreitada para os revestimentos externos e tratamento de frisos na fachada da torre residencial

Revestimentos e tratamento de frisos na superfície da fachada	Área total (m ²)	Descontos de vãos de esquadrias e aberturas (m ²)	Mão de obra empreitada para revestimento externo em panos (m ²)	Mão de obra empreitada em faixas até 50 cm (m)	Mão de obra empreitada para tratamento de frisos (m)
	A	B	C = A - B		
Revestimento em alvenarias de vedação					
Térreo	202,01	95,59	106,42	-	-
Pavimento-tipo (1x)	127,08	9,76	117,32	-	
Pavimentos-tipos (25x)	3.177,00	244,00	2.933,00	-	
Platibanda da cobertura	254,50	-	254,50	106,04	
Pavimento-tipo (1x)	126,41	-	126,41	5,64	

Continua

Conclusão

Conclusão					
Revestimentos e tratamento de frisos na superfície da fachada	Área total (m²) A	Descontos de vãos de esquadrias e aberturas (m²) B	Mão de obra empreitada para revestimento externo em panos (m²) C = A - B	Mão de obra empreitada em faixas até 50 cm (m)	Mão de obra empreitada para tratamento de frisos (m)
Revestimento em superfícies de concreto					
Térreo	211,41	-	211,41	64,64	
Pavimento-tipo (1x)	126,41	-	126,41	5,64	
Pavimentos-tipos (25x)	3.160,25	-	3.160,25	141,00	
Tratamento de frisos					
Térreo	57,73	-	-	-	57,73
Pavimento-tipo (1x)	44,18	-	-	-	-
Pavimentos-tipos (25x)	1.104,50	-	-	-	1.104,50
Platibanda da cobertura	106,04	-	-	-	106,04
Totais			6.665,58	311,68	1.268,27

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 135 traz a quantidade de mão de obra empreitada para aplicação do acabamento em textura acrílica nas superfícies, faixas e requadrações da fachada da torre residencial.

Quadro 135– Quantidade de mão de obra empreitada para aplicação do acabamento em textura acrílica na fachada da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada - panos	m²	6.665,58	8.266,22	0,806
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – faixas até 50 cm	m	311,68		0,038
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – requadrações	m	3.040,08		0,368

Fonte: Elaborado pelo autor

Os Quadros 136 e 137 trazem o resumo de todos os serviços empreitados para execução dos revestimentos externos em argamassa nas fachadas da torre residencial e o coeficiente de consumo unitário de cada serviço empreitado pela área total de fachadas da torre residencial.

Quadro 136– Resumo da mão de obra empreitada para os revestimentos externos e tratamento de frisos das fachadas da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
M.O. empreitada para chapisco externo sobre alvenarias - panos	m²	3.293,92	8.266,22	0,398
M.O. empreitada para chapisco externo sobre concreto - panos	m²	3.371,66		0,408
M.O. empreitada para chapisco externo sobre alvenarias – faixas até 50 cm	m	106,04		0,013
M.O. empreitada para chapisco externo sobre concreto – faixas até 50 cm	m	205,64		0,025
M.O. empreitada para massa externa em alvenarias/concreto - panos	m²	6.665,58		0,806
M.O. empreitada para massa externa em alvenarias/concreto – faixas até 50 cm	m	311,68		0,038

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 137– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução de serviços complementares, aplicação de textura acrílica e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
M.O. empreitada para colocação das telas entre alvenaria e estrutura	m	4.106,21	8.266,22	0,497
M.O. empreitada para execução de frisos em fachadas	m	1.268,27		0,153
M.O. empreitada para regularização e tratamento de frisos em fachadas	m	1.268,27		0,153
M.O. empreitada para chumbamento e arremate de contramarcos em alumínio	m²	1.205,76		0,146
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada - panos	m²	6.665,58		0,806
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – faixas até 50 cm	m	311,68		0,038
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – requadrações nos vãos	m	3.040,08		0,368

Fonte: Elaborado pelo autor

IV. Resumo geral das esquadrias de alumínio e vidros da fachada da torre residencial

O Quadro 138 apresenta a quantidade total das esquadrias de alumínio e dos vidros das esquadras da fachada da torre residencial e os coeficientes de consumos unitários de cada tipologia por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 138– Quantidade total de esquadrias de alumínio e vidros da fachada e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
Portas em alumínio para receber vidro	m²	488,88	8.266,22	0,059
Janelas simples em alumínio para receber vidro	m²	260,38		0,032
Janelas 3 folhas de correr tipo dormitório	m²	456,50		0,055
Vidro liso tipo fantasia (janelas dos banheiros)	m²	202,75		0,025
Vidro liso comum 6 mm (janelas e módulos superiores de portas)	m²	530,32		0,064
Vidro laminado comum 6 mm (módulos inferiores de portas)	m²	244,44		0,030

Fonte: Elaborado pelo autor

V. Quantidade de materiais para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial

Para os levantamentos de quantidades dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial, tomou-se como base as seguintes premissas:

- Por recomendação do **projeto executivo de vedações** as superfícies verticais internas do pavimento térreo, dos dois primeiros pavimentos e dos dois últimos pavimentos da torre residencial, serão revestidas integralmente em argamassa, como base para receber o acabamento em pintura ou em revestimento cerâmico.

- As superfícies verticais internas dos demais pavimentos da torre residencial receberão revestimento em pasta de gesso nas áreas secas e argamassa nas áreas molhadas, como base para o acabamento em pintura ou em revestimento cerâmico, respectivamente.
- Serão calculados somente os consumos de argamassas cimentícias para os revestimentos internos.
- Para o serviço de revestimento interno em pasta de gesso, considerou-se a praxe do mercado, onde este serviço é contratado por empreitada com empresas especializadas neste tipo de revestimento, incluindo-se por conta da empresa contratada, o fornecimento do material e da mão de obra especializada.
- O revestimento em pasta de gesso será aplicado pelo método conhecido no mercado como “gesso sarrafeado”, onde as mestras ou taliscas garantem um melhor alinhamento das superfícies revestidas. A espessura da camada de gesso varia entre 5 mm a 10 mm.
- As superfícies verticais internas em alvenarias com revestimento em argamassa ou receberão como base de aderência o chapisco cimento:areia aplicado na colher;
- As superfícies verticais internas em alvenarias com revestimento em pasta de gesso, receberão como base de aderência o chapisco de cimento e areia aplicado a rolo sobre toda a superfície.
- As superfícies verticais internas em concreto (pilares e vigas) com revestimento em argamassa ou pasta de gesso, receberão como base de aderência o chapisco executado com argamassa colante industrializada.
- Consumo dos materiais para o preparo do chapisco interno para aplicação a rolo sobre as alvenarias, conforme coeficientes recomendado pelo TCPO 14 PINI (2011), sendo o traço, produzido no canteiro (Quadro 139).

Quadro 139– Chapisco para parede interna com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e=5 mm – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento

Componente	Un	Coeficiente
Areia média lavada	m³	0,0061
Cimento CP-32	kg	2,43

Fonte: TCPO 14 - PINI (2011)

- Consumo dos materiais para o preparo do chapisco interno para aplicação a rolo sobre as alvenarias, conforme coeficientes recomendados pelo TCPO 14 da editora PINI (2016), sendo o traço, produzido no canteiro (Quadro 140).

Quadro 140– Chapisco rolado com mistura de cimento, areia e adesivo
a base acrílica – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento

Componente	Un	Coeficiente
Areia média lavada	m ³	0,01
Cimento CP-32	kg	2,45
Adesivo de base acrílica	l	0,25

Fonte: TCPO 14 - PINI (2011)

- Revestimentos internos em argamassa aplicados manualmente.
- Espessura média adotada para o revestimento interno em argamassa: 2,0 cm
- Consumo da argamassa industrializada ensacada para revestimento interno, conforme consumo empírico informado pelos fabricantes, acrescido do sobreconsumo verificado na experiência em campo do autor (12%)
 - Consumo informado pelos fabricantes: 18 kg.cm/m²
 - Consumo adotado para os levantamentos: 20,7 kg.cm/m²
- Consumo da argamassa colante industrializada para o chapisco interno sobre as superfícies de concreto, conforme informado pelo fabricante Weber Saint Gobain referente ao produto Chapisco Colante Quartzolit, acrescido de 5% de sobreconsumo, conforme experiência em campo do autor:
 - Consumo informado pelo fabricante: 4,2 kg/m²
 - Consumo adotado para os levantamentos: 4,4 kg/m²
- Nas áreas internas secas, as superfícies verticais internas da fachada receberão o acabamento em pintura com látex PVA com massa corrida base PVA, aplicada sobre massa de gesso ou argamassa;
- Nas áreas internas molhadas, as superfícies verticais internas da fachada receberão acabamento em placas cerâmicas aderidas com argamassa colante industrializada sobre emboço desempenado.
- Consumo dos materiais para aplicação das placas cerâmicas com argamassa colante industrializada sobre emboço desempenado e rejuntamento entre as placas, conforme experiência em campo do autor (Quadro 141).

Quadro 141– Cerâmica em placas 20 x 30 cm, assentada com argamassa colante industrializada e rejuntamento com rejunte cimentício industrializado – consumo dos materiais por metro quadrado de revestimento

Componente	Un	Coeficiente
Placas cerâmicas 20x30 cm	m ²	1,10
Argamassa colante	kg	5,00
Rejunte	kg	0,50

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 142 traz as áreas de revestimento sobre as superfícies verticais internas da fachada no pavimento térreo e no pavimento-tipo da torre residencial para o cálculo do consumo dos materiais. Os vãos das esquadrias e aberturas da fachada já foram abatidos para o cálculo das áreas apresentadas neste quadro.

Quadro 142– Área de revestimento sobre as superfícies verticais internas da fachada no pavimento térreo e no pavimento-tipo da torre residencial

Pavimento	Área total de materiais para revestimento interno (m ²)	Área total com revestimento interno sobre concreto em áreas secas (m ²)	Área total com revestimento interno sobre concreto em áreas molhadas (m ²)	Área total com revestimento interno sobre alvenarias em áreas secas (m ²)	Área total com revestimento interno sobre alvenarias em áreas molhadas (m ²)
Térreo	194,04	75,41	-	118,63	-
Pavimento-tipo	216,17	71,65	15,26	113,61	15,65

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 143 traz as áreas totais das superfícies verticais internas da fachada nos pavimentos que receberão integralmente revestimento com argamassa: pavimento térreo, os dois primeiros pavimentos-tipos e os dois últimos pavimentos-tipos, conforme recomendação do **projeto de vedações**.

Quadro 143– Área das superfícies verticais internas da fachada dos pavimentos que receberão revestimento interno integral em argamassa

Pavimento	Área total de materiais para revestimento interno (m²)	Área total com revestimento interno sobre concreto em áreas secas (m²)	Área total com revestimento interno sobre concreto em áreas molhadas (m²)	Área total com revestimento interno sobre alvenarias em áreas secas (m²)	Área total com revestimento interno sobre alvenarias em áreas molhadas (m²)
Térreo	194,04	75,41	-	118,63	-
Pavimento-tipo (4x)	865,08	286,80	61,04	454,44	62,60
Revestimentos e acabamentos a executar		chapisco colante sobre concreto + argamassa 2,0 cm + látex PVA	chapisco colante sobre concreto + argamassa 2,0 cm + revestimento cerâmico	chapisco cim:areia sobre alvenarias + argamassa 2,0 cm + látex PVA	chapisco cim:areia sobre alvenarias + argamassa 2,0 cm + revestimento cerâmico

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 144 traz as áreas totais das superfícies verticais internas da fachada nos pavimentos que receberão revestimento com argamassa nas áreas molhadas e revestimento em massa de gesso nas áreas secas, conforme recomendação do projeto de vedações.

Quadro 144– Área das superfícies verticais internas da fachada dos pavimentos que receberão revestimento interno em argamassa (áreas molhadas) e massa de gesso (áreas secas)

Pavimento	Área total de materiais para revestimento interno (m²)	Área total com revestimento interno sobre concreto em áreas secas (m²)	Área total com revestimento interno sobre concreto em áreas molhadas (m²)	Área total com revestimento interno sobre alvenarias em áreas secas (m²)	Área total com revestimento interno sobre alvenarias em áreas molhadas (m²)
Pavimento-tipo (21x)	4.539,57	1.504,65	320,46	2.385,81	328,65
Revestimentos e acabamentos a executar		chapisco colante sobre concreto + massa de gesso + látex PVA	chapisco colante sobre concreto + argamassa 2,0 cm + revestimento cerâmico	chapisco aplicado a rolo sobre alvenarias + massa de gesso + látex PVA	chapisco cim:areia sobre alvenarias + argamassa 2,0 cm + revestimento cerâmico

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 144 traz as quantidades totais dos componentes das argamassas cimentícias para o revestimento das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial.

Quadro 145- Quantidade total de componentes das argamassas cimentícias para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial

Componente	un	Coeficiente de consumo unitário do componente por área total de revestimento (un/m²) A	Área total do revestimento na torre residencial (m²) B	Quantidade total do componente Para execução dos revestimentos das faces internas das fachadas da torre residencial (un) A x B
Chapisco interno cim:areia 1:3				
Cimento CP-II-32	kg	2,43	964,32	2.343,30
Areia média lavada	m³	0,0061		5,88
Chapisco interno aplicado a rolo				
Cimento CP-II-32	kg	2,45	2.385,81	5.845,23
Areia média lavada	m³	0,01		23,86
Adesivo para argamassa	kg	0,25		596,45
Chapisco colante sobre concreto				
Argamassa colante industrializada para chapisco	kg	4,40	2.248,36	9.892,78
Massa interna espessura 2,0 cm				
Argamassa industrializada ensacada para revestimento interno	kg	41,40	1.708,03	70.712,44

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 146 apresenta a quantidade total dos componentes para execução dos revestimentos em placas cerâmicas nas superfícies verticais internas da fachada da torre residencial (áreas molhadas) e os coeficientes de consumos unitários de cada componente por área total de fachadas da torre residencial.

Quadro 146- Quantidade total de componentes das argamassas cimentícias para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial

Componente	un	Coeficiente de consumo unitário do componente por área total de revestimento (un/m²) A	Área total do revestimento cerâmico na torre residencial (m²) B	Quantidade total do componente Para execução dos revestimentos das faces internas das fachadas da torre residencial (un) A x B
Placas cerâmicas 20x30 cm	m²	1,10	772,75	850,03
Argamassa colante industrializada	kg	5,00		3.863,75
Rejunte cimentício industrializado	kg	0,50		386,38

Fonte: elaborado pelo autor

O Quadro 147 apresenta a quantidade total dos componentes para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial e os coeficientes de consumos unitários de cada componente por área total de fachada.

Quadro 147– Quantidade total de componentes para execução dos revestimentos internos e consumos unitários dos componentes por área total de fachadas da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
Cimento CP-II-32	kg	8.188,53	8.266,22	0,991
Areia média lavada	m³	29,74		0,0036
Adesivo para argamassa	kg	596,45		0,072
Argamassa colante industrializada para chapisco	kg	9.892,78		1,197
Argamassa colante industrializada para assentamento tipo AC I	kg	3.863,75		0,467
Argamassa industrializada para revestimento interno	kg	70.712,44		8,554
Placas cerâmicas 20x30 cm	m²	850,03		0,103
Rejunte cimentício industrializado	kg	386,38		0,047
As quantidades de componentes apresentadas no presente quadro representam a somatória das quantidades apresentadas nos Quadros 32 e 33.				

Fonte: Elaborado pelo autor

VI. Quantidade de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos das superfícies verticais internas da fachada da torre residencial

A Quadro 148 traz as áreas totais das superfícies verticais internas da fachada dos pavimentos que receberão revestimento em massa de gesso nas áreas secas, levantadas no projeto, considerando-se a contratação deste serviço como empreitada com fornecimento de materiais e mão de obra.

Quadro 148– Área total de mão de obra empreitada para revestimento em massa de gesso nas superfícies verticais internas da fachada da torre residencial

Pavimento	Área total de mão de obra empreitada para revestimento interno em massa de gesso na torre residencial (m²)	Área total com revestimento interno em massa de gesso sobre concreto em áreas secas (m²)	Área total com revestimento interno em massa de gesso sobre alvenarias em áreas secas (m²)
Pavimento-tipo (21x)	4.646,88	1.504,65	3.142,23

Continua

Conclusão

Pavimento	Área total de mão de obra empreitada para revestimento interno em massa de gesso na torre residencial (m ²)	Área total com revestimento interno em massa de gesso sobre concreto em áreas secas (m ²)	Área total com revestimento interno em massa de gesso sobre alvenarias em áreas secas (m ²)
Revestimentos e acabamentos a executar		chapisco colante sobre concreto + massa de gesso + látex PVA	chapisco aplicado a rolo sobre alvenarias + massa de gesso + látex PVA

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 149 traz o resumo de todos os serviços de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos nas superfícies verticais internas da fachada da torre residencial em argamassa e em massa de gesso, levantados no projeto, e o coeficiente de consumo unitário de cada serviço empreitado pela área total de fachada da torre residencial.

Como acabamento sobre as superfícies verticais internas da fachada, nas áreas secas, será aplicada a pintura com látex PVA com retoques de massa corrida base PVA, e, nas áreas molhadas, será aplicado o revestimento em placas cerâmicas aderidas com argamassa colante industrializada.

Quadro 149– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m ²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m ²) A / B
M.O. empreitada para chapisco interno sobre alvenarias - panos	m ²	815,14	8.266,22	0,099
M.O. empreitada para chapisco interno sobre concreto - panos	m ²	2.248,16		0,272
M.O. empreitada para chapisco aplicado a rolo sobre alvenarias - panos	m ²	3.740,75		0,453
M.O. empreitada para massa interna 2,0 cm - panos	m ²	2.157,17		0,261
Empreitada para revestimento em massa de gesso – materiais e mão de obra	m ²	4.646,88		0,562

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 150 traz o resumo de todos os serviços de mão de obra empreitada para execução dos acabamentos nas superfícies verticais internas da fachada da torre residencial em pintura com látex PVA (áreas secas) ou revestimento em placas cerâmicas (áreas molhadas), e o coeficiente de consumo unitário de cada serviço empreitado pela área total de fachada da torre residencial.

Quadro 150– Quantidade total de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos acabamentos internos das superfícies verticais internas da fachada e consumos unitários por área total de fachada da torre residencial

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
M.O. empreitada para revestimento interno em placas cerâmicas, inclusive rejuntamento (Nota 1)	m²	975,50	8.266,22	0,118
Empreitada para aplicação de látex PVA com retoques de massa corrida PVA sobre gesso (Nota 2)	m²	4.646,88		0,563
Empreitada para aplicação de látex PVA com massa corrida PVA sobre massa (Nota 3)	m²	935,28		0,113
Nota 1 – A área de mão de obra empreitada para o revestimento em placas cerâmicas é o resultado da soma entre a área de revestimento cerâmico do Quadro 33 (772,75 m²) e a área de esquadrias das áreas molhadas, com área inferior a 2 m², que não devem ser descontadas pelo critério de medição de mão de obra deste serviço (202,75 m²);				
Nota 2 – Como o critério de medição de serviços de pintura em superfícies verticais internas é igual ao critério de medição do serviço de revestimento interno com massa de gesso, quantidade deste serviço vem diretamente do Quadro 35;				
Nota 3 – Como o critério de medição de serviços de pintura em superfícies verticais internas é igual ao critério de medição do serviço de revestimento interno com argamassa, a quantidade deste serviço representa a somatória dos itens com látex PVA do Quadro 30.				

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE D – MEMÓRIAS DE CÁLCULO DE QUANTIDADES DOS COMPONENTES PARA A COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DAS VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS DA TORRE RESIDENCIAL COM A TECNOLOGIA DE FACHADA EM CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM
Light Steel Framing (LSF)

Este Apêndice apresenta os levantamentos das quantidades totais de cada componente da tecnologia de fachada em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*, para execução da fachada da torre residencial em estudo. Os componentes da tecnologia são aqueles descritos nos itens 2.2 e 4.3.2 do presente trabalho.

A divisão da quantidade total de cada componente da tecnologia para execução da torre residencial pela área total de sua respectiva fachada, gera os coeficientes de consumo de componentes por área de fachada, utilizados na composição de custos unitários, apresentada no Capítulo 4 do presente trabalho.

Em relação às perdas adotadas nos levantamentos de quantidades de materiais e componentes deste apêndice, o Quadro 151 resume os valores e critérios adotados.

Quadro 151– Perdas adotadas nos levantamentos de quantidades de materiais e componentes do apêndice

Componente	Perda adotada	Referência	Considerações
Perfis metálicos	5%	Montadores do sistema	As barras de perfis montantes, em geral, são encomendados aos fabricantes em comprimento adequado às alturas do projeto. As perdas são mínimas e se referem principalmente aos cortes nos perfis tipo guia.
Tubos de aço galvanizado	-	Adotado pelo autor	Os tubos de aço galvanizado destinam-se à estrutura auxiliar da cobertura. Esta estrutura será contratada, pronta e instalada de serralheiro especializado que incluirá as perdas em seu preço de venda à construtora.
Elementos de fixação e elementos de ancoragem direta	5%	Montadores do sistema	Percentual médio indicado pelos montadores como previsão para estravios e perdas destes componentes durante o processo de produção no canteiro. <i>Deve ser aplicada às quantidades teóricas dos perfis levantadas no projeto.</i>

Continua

Conclusão

Componente	Perda adotada	Referência	Considerações
Banda acústica	5%	Adotado pelo autor	Perdas devido aos cortes para instalação da banda acústica.
Membrana impermeável	17%	Placlux (2016)	Transpasse mínimo recomendado de 15 cm entre as membranas e previsão de perdas pelos recortes durante o processo de instalação da membrana. <i>Deve ser aplicada sobre a área total de fachada sem o desconto de esquadrias ou aberturas da fachada.</i>
Chapas externas	5%	Montadores do sistema	Perda referente aos recortes das chapas para a construção dos vãos de esquadrias e aberturas da fachada. Faixas das partes recortadas são aproveitadas parcialmente na requadrção dos vãos e o excedente não é aproveitável. <i>Deve ser aplicada sobre a área total de fachada sem o desconto de esquadrias ou aberturas da fachada.</i>
Tela para tratamento de juntas entre chapas externas	15%	Montadores do sistema	Referente ao transpasse de 10 cm recomendado entre as telas e perdas referentes aos cortes das telas durante o processo de produção.
Massa para tratamento de juntas entre chapas externas	5%	Experiência de campo do autor	Observações de campo efetuadas pelo autor constataram volumes excedentes de massa preparada para os serviços de um dia de produção, que não são aproveitadas para a produção do dia seguinte
Tela de reforço superficial da camada externa	15%	Montadores do sistema	Transpasse recomendado de 10 cm entre as telas e perda referente aos cortes das telas durante o processo de produção.
Massa para acabamento da camada externa	10%	Montadores do sistema	Sobreconsumo da massa de acabamento referente à perdas e ao consumo adicional para colagem das peças complementares em PVC do sistema de fachada.
Perfis em PVC para o sistema de fachada	5%	Montadores do sistema	Perda referente aos cortes nos perfis para instalação na camada externa da fachada.
Chapas de gesso acartonado da camada interna	5%	Montadores do sistema	Perda referente aos recortes das chapas para a construção dos vãos de esquadrias e aberturas da fachada. <i>Deve ser aplicada sobre a área total de camada interna com o desconto de esquadrias ou aberturas da fachada com área superior a 2 m².</i>
Fita para tratamento de juntas em gesso acartonado	5%	Adotado pelo autor	Perda adotada sobre o consumo teórico informado pela empresa Knauf
Massa para tratamento de juntas em gesso acartonado	5%	Adotado pelo autor	Perda adotada sobre o consumo teórico informado pela empresa Knauf
Rodapé metálico para impermeabilização	5%	Adotado pelo autor	Perda adotada sobre o consumo teórico levantado em projeto

Fonte: Elaborado pelo autor

VII. Área total de fachada na torre residencial

O levantamento da área total de fachada e da área total de painéis da fachada da torre residencial encontra-se detalhado no Apêndice B e apresenta os seguintes valores finais:

- Área total de fachada na torre residencial: 8.266,22 m²
- Área total de painéis na fachada da torre residencial: 7.060,46 m²

II Quantidade de componentes para a camada de estruturação da fachada

II.1 Quantidade de perfis metálicos

No que se refere à camada de estruturação das fachadas, o projeto apresenta dois tipos de estruturação, quanto ao modo de fixação dos perfis desta camada na estrutura em concreto armado da edificação:

- estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* com perfis guias e montantes fixados aos quadros da estrutura do edifício (Figura 116);

Figura 116– Fixação dos perfis guias e montantes nos quadros da estrutura de concreto armado do edifício

Fonte: Construtora Elofer (2012)

- Perfis metálicos galvanizados tipo CD 60x27x0,5 mm fixados por meio dos elementos de ancoragem direta, sobre os pilares de concreto da periferia dos pavimentos que compõem a superfície da fachada do edifício (Figuras 117, 118 e 119).

Figura 117– Pilares da periferia que compõem a superfície da fachada do pavimento – reprodução de ¼ do pavimento-tipo (sem escala)

Fonte: adaptado pelo autor de SRTC Engenharia e Projetos (2008)

Figura 118– Fixação dos perfis tipo CD 60x27x0,5 mm sobre superfícies de concreto de fachada

Fonte: Arquivo do autor

Figura 119– Detalhe da fixação do perfil tipo CD no elemento de ancoragem direta

Fonte: Arquivo do autor

Sobre os perfis tipo CD são fixadas as chapas externas da fachada.

Os perfis guias e montantes constituem os *frames* da estrutura em *Light Steel Framing* (LSF). Um detalhe típico de um dos *frames* metálicos do projeto em estudo é ilustrado na Figura 120.

Figura 120- Elevação típica de um frame de estrutura em Light Steel Framing (LSF) fixada nas lajes e pilares da estrutura de concreto armado

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

Nos cantos externos da fachada, formados pelo encontro entre duas chapas a 90°, são indicados o perfil U 30x30x0,5 mm ou o perfil U 20x30x0,5 mm para fixação das chapas externas e enrijecimento dos cantos vivos (Figura 121).

Figura 121– Perfis U para fixação das chapas e para enrijecimento dos cantos externos da fachada

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

Para quantificar os perfis e componentes necessários para a construção das estruturas metálicas do projeto, detalhou-se cada uma das elevações do pavimento-tipo e da cobertura da torre residencial.

Como o pavimento térreo não terá o mesmo detalhamento, para estimar as quantidades totais dos componentes das estruturas metálicas deste pavimento, adotou-se os consumos unitários dos componentes por área de estruturas metálicas obtidos para o pavimento-tipo, aplicados à área total de estruturas metálicas do pavimento térreo. Admitiu-se também perfis guias e montantes com largura de 140 mm para este pavimento.

Como demonstra o Quadro 152, admite-se que pela representatividade relativamente baixa do pavimento térreo na área total de fachada da torre residencial, o procedimento ora adotado para estimar a quantidades de perfis montantes e guias deste pavimento, não gera distorção significativa para a apuração dos custos reais da tecnologia para execução da fachada da torre residencial.

Quadro 152– Participação dos pavimentos na área total de fachada da torre residencial

Pavimento	Área total de fachada (m²)	% na torre residencial
Térreo	394,51	4,8 %
Pilotis térreo	141,46	1,7 %
Pavimentos-tipos (25x)	7.475,75	90,4 %
Cobertura	254,50	3,1%
Total	8.266,22	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor

II.1.1 Estrutura em *Light Steel Framing (LSF)* nos pavimentos-tipos

A Figura 122 apresenta a planta baixa do pavimento-tipo com a *solução estrutural em lajes planas protendidas sem vigas de borda*, que será adotada para efeitos dos levantamentos desta tecnologia. Observa-se a indicação de cada elevação das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)*, em numeração sequencial, da elevação 1 até a elevação 6. Estas elevações são detalhadas nas Figuras 123, 124 e 125.

Adotou-se a estruturação com perfis tipo CD, elementos de ancoragem direta e perfis tipo U nos cantos externos, também aplicada sobre os pilares localizados na divisão entre as sacadas dos apartamentos.

Figura 122- Planta baixa do pavimento-tipo com a solução estrutural em lajes planas protendidas sem viga de borda e indicação das estruturas em Light Steel Framing (LSF) deste pavimento (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 123- Estruturas LSF das elevações 1 e 2 (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor com base no estudo da Inovatec (2016)

Figura 124- Estruturas LSF das elevações 3 e 4 (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor com base no estudo da Inovatec (2016)

Figura 125- Estruturas LSF das elevações 5 e 6 (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor com base no estudo da Inovatec (2016)

O Quadro 153 apresenta a área total de cada elevação e a área total de estruturas LSF para o pavimento-tipo da torre residencial.

Quadro 153– Área total de cada elevação e área total de estruturas LSF para o pavimento-tipo da torre residencial

Elevações	Áreas das elevações			Quantidade de elevações D	Área total estrutura <i>LSF</i> (m ²) C x D
	Comp (m) A	Altura (m) B	Área (m ²) C = A x B		
Elevação 1	5,465	2,66	14,54	4	58,16
Elevação 2	3,24	2,66	8,61	4	34,44
Elevação 3	6,16	2,66	16,39	4	65,56
Elevação 4	2,20	2,66	5,85	4	23,40
Elevação 5	1,64	2,66	4,36	4	17,44
Elevação 6	2,97	2,25	6,68	2	13,36
Total estruturas <i>LSF</i>					212,36

Fonte: Elaborado pelo autor

Os perfis do tipo guia são instalados no sentido horizontal, fixados diretamente nas lajes do pavimento (piso e fundo da laje superior), e os perfis do tipo montante são instalados no sentido vertical, constituindo a estrutura dos *frames* metálicos, conforme antes ilustrado na Figura 120. Deve-se levantar a quantidades de perfis guias e montantes de cada elevação de estrutura LSF do projeto (Figuras 123, 124 e 125).

Os Quadros 154 e 155 apresentam, respectivamente, as quantidades totais de perfis tipo montante e perfis tipo guia com largura de 140 mm e largura de 200 mm para o pavimento-tipo da torre residencial.

Quadro 154- Quantidade total de perfis largura 140 mm para o pavimento-tipo

Elevações	Área total m ²	Guia 140 x 40 x 0,95 mm			Montante 140 x 40 x 0,95 mm		
		1 Elevação (m) A	Quant elevações B	Total (m) A x B	1 Elevação (m) C	Quant elevações D	Total (m) C x D
Elevação 1	58,16	14,53	4	58,12	41,56	4	166,24
Elevação 2	34,44	10,28	4	41,12	32,60	4	130,40
Elevação 3	65,56	17,52	4	70,08	54,50	4	218,00
Elevação 4	23,40	-	-	-	-	-	-
Elevação 5	17,44	7,01	4	28,04	18,98	4	75,92
Elevação 6	13,36	5,94	2	11,88	13,50	2	27,00
Total	212,36	209,24			617,56		

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 155- Quantidade total de perfis largura 200 mm para o pavimento-tipo

Elevações	Área total m ²	Guia 200 x 40 x 0,95 mm			Montante 200 x 40 x 0,95 mm		
		1 Elevação (m) A	Quant elevações B	Total (m) A x B	1 Elevação (m) C	Quant elevações D	Total (m) C x D
Elevação 1	58,16	-	4	-	-	4	-
Elevação 2	34,44	-	4	-	-	4	-
Elevação 3	65,56	-	4	-	-	4	-
Elevação 4	23,40	4,40	4	17,60	15,96	4	63,84
Elevação 5	17,44	-	4	-	-	4	-
Elevação 6	13,36	-	2	-	-	2	-
Total 1 pavto	212,36			17,60			63,84

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 156 apresenta as quantidades de perfis para o pavimento-tipo e a quantidade total de total de perfis para os vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial.

Quadro 156– Quantidade total de perfis para o pavimento-tipo e para os 25 pavimentos-tipos da torre

Tipo de perfil	1 pavto-tipo (m)	Total pavimentos	Total torre (m) A	Perda adotada 5 % B	Total final (m) A + B
Guia 140 mm	209,24	25	5.231,00	261,55	5.492,55
Montante 140 mm	617,56	25	15.439,00	771,95	16.210,95
Guia 200 mm	17,60	25	440,00	22,00	462,00
Montante 200 mm	63,84	25	1.596,00	79,80	1.675,80

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando-se a área total de estrutura *LSF* de 212,36 m² calculada para o pavimento-tipo (Quadro 153), para os vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial, obtém-se uma área total de 5.309,00 m² de estrutura *LSF*.

O Quadro 157 apresenta os consumos unitários de perfis metálicos por área total de estrutura *LSF* nos pavimentos-tipos.

Quadro 157– Consumo unitário de perfis por área total de estrutura metálica LSF nos pavimentos-tipos

Tipo de perfil	Quantidade total nos pavimentos-tipos (m) A	Área total de estrutura LSF nos pavimentos-tipos (m²) B	Consumo unitário de perfis por área total de estrutura LSF (m/m²) A / B
Guia de 140 mm	5.492,55	5.309,00	1,035
Montante de 140 mm	16.210,95		3,053
Guia de 200 mm	462,00		0,087
Montante de 200 mm	1.675,80		0,316

Fonte: Elaborado pelo autor

II.1.2 Estruturas em *Light Steel Framing* (LSF) no pavimento térreo

As quantidades totais de perfis para o pavimento térreo serão estimadas pela aplicação dos consumos de perfis por área de estrutura LSF obtidos nos levantamentos dos pavimentos-tipos, aplicados à área total de estrutura LSF levantada para o pavimento térreo, adotando-se para este pavimento, perfis com largura de 140 mm.

O Quadro 158 apresenta as áreas das elevações das estruturas LSF do pavimento térreo e a área total de estruturas LSF deste pavimento.

Quadro 158– Área total de cada elevação e área total de estrutura LSF do pavimento térreo da torre residencial

Elevações	Áreas das elevações			Quantidade de elevações D	Área total estrutura LSF (m²) C x D
	Comp (m) A	Altura (m) B	Área m² C = A x B		
Elevação 1	2,02	4,04	8,16	2	16,32
Elevação 2	3,13	4,04	12,64	2	25,28
Elevação 3	6,72	4,04	27,15	1	27,15
Elevação 4	3,26	4,04	13,17	2	26,34
Elevação 5	5,49	4,04	22,18	2	44,36
Elevação 6	1,56	4,04	6,30	2	12,60
Elevação 7	4,31	4,04	17,41	2	34,82

Continua

Elevações	Áreas das elevações			Quantidade de elevações D	Conclusão Área total estrutura LSF (m²) C x D
	Comp (m) A	Altura (m) B	Área m² C = A x B		
Elevação 8	1,99	4,04	8,04	2	16,08
Elevação 9	2,80	4,04	11,31	2	22,62
Elevação 10	0,42	4,04	1,70	2	3,40
Elevação 11	2,91	4,04	11,76	1	11,76
Total estrutura LSF					240,73

Fonte: Elaborado pelo autor

Como admitiu-se a construção das estruturas metálicas *LSF* do pavimento térreo somente com perfis de largura 140 mm, os coeficientes obtidos nos pavimentos-tipos para os perfis guias e perfis montantes de 140 mm e de 200 mm, foram somados, chegando-se aos seguintes novos consumos unitários para os perfis:

- Perfil tipo guia de 140 mm: $1,035 + 0,087 = 1,122$ m/m² de estrutura *LSF*
- Perfil tipo montante de 140 mm: $3,053 + 0,316 = 3,369$ m/m² de estrutura *LSF*

Aplicando-se os consumos unitários do pavimento-tipo à área total de estrutura *LSF* do pavimento térreo, estima-se as quantidades totais de perfis para a construção das estruturas *LSF* deste pavimento (Quadro 159).

Quadro 159– Quantidade total estimada de perfis para as estruturas LSF do pavimento térreo da torre residencial

Tipo de perfil	Consumo por área de estrutura LSF (m/m²) A	Área total de estrutura LSF do pavimento (m²) B	Quantidade total do pavimento térreo (m) A x B
Guia de 140 mm	1,122	240,73	270,10
Montante de 140 mm	3,369		811,02

Fonte: Elaborado pelo autor

II.1.3 Estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* e estrutura auxiliar na cobertura

Assim como o pavimento térreo, a cobertura, onde temos a platibanda de fechamento na periferia deste pavimento, não foi objeto do estudo elaborado pela empresa Inovatec, desenvolvido apenas para os pavimentos-tipos da torre residencial.

Consultando a documentação técnica disponibilizada pela empresa Knauf referente ao Sistema de Fachada Aquapanel W 384, encontra-se uma solução proposta pela empresa para situações de platibandas em coberturas, podendo-se estimar com relativa precisão a quantidade de perfis metálicos para execução da estruturação em *LSF* para a platibanda deste pavimento.

O detalhe proposto para platibandas em coberturas no documento de referência da empresa intitulado “Aquapanel – W 384 – 1AQ_1AQ Platibanda com Chapim – Corte” é ilustrado na Figura 126.

Figura 126– Detalhe em corte de platibanda estruturada em LSF em cobertura (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

Observa-se pela Figura 126 que é recomendada uma estrutura auxiliar para fixação dos perfis metálicos da estrutura *LSF* e enrijecimento da platibanda a ser dimensionada por projetista especializado.

Para a composição dos custos da platibanda revestida em chapas delgadas no pavimento cobertura, adotou-se para o estudo as seguintes premissas:

- Guias e montantes da estrutura *LSF* com largura de 140 mm;
- Montantes da estrutura *LSF* espaçados a cada 48 cm, aproximadamente;

- Estrutura metálica auxiliar em tubos retangulares de aço galvanizado com seção 100x40 mm e espessura de chapa de 1,5 mm (Figura 127);
- Montantes verticais da estrutura metálica auxiliar em tubos retangulares em aço galvanizado, espaçados a cada 2,00 m, fixados diretamente na laje de concreto da cobertura com sapatas metálicas e parafusos com buchas (4 parafusos por sapata);
- Travamento superior horizontal da estrutura metálica auxiliar em tubo retangular de aço galvanizado com seção 100x40 mm e espessura de chapa de 1,5 mm, com desenvolvimento contínuo, soldado nos topos dos montantes verticais;
- Altura acabada da platibanda com 1,20 m.

Considerando-se o perímetro total de 106,04 m neste pavimento, estima-se para o projeto cerca de 54 quadros de estrutura *LSF* com modulação 1,92 x 1,10 m, fixados entre os montantes e perfil superior da estrutura metálica auxiliar (Figura 127).

Figura 127– Estrutura auxiliar em tubos de aço galvanizado e quadro típico de estrutura em LSF para a platibanda da cobertura (sem escala)

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 160 apresenta as quantidades totais estimadas de perfis guia e montante da estrutura *LSF* e dos tubos em aço galvanizado da estrutura auxiliar.

Quadro 160– Quantidades totais estimadas de perfis e tubos para a estruturação da platibanda da cobertura

Tipo de perfil	Perímetro do pavimento (m)	Espaçamento (m)	Quant de perfis (un) A	Comprimento do perfil (m) B	Perda adotada 5% C	Total (m) Ax(B+C)
Guia de 140 mm	106,04	-	2	106,04	5,30	222,68
Montante de 140 mm		0,48	216	1,10	0,06	250,56
Tubo de aço superior 100x40 mm		-	1	106,04	-	173,98
Tubo de aço montante 100x40 mm		2,00	54	1,10	-	

Fonte: Elaborado pelo autor

II.2 Perfis tipo CD fixados sobre as superfícies de concreto nos pavimentos-tipos

Conforme observa-se na Figura 117 deste apêndice, há pilares em concreto armado na periferia do pavimento-tipo. As faces externas destes pilares constituem a superfície da fachada deste pavimento em conjunto com os *frames* das estruturas *LSF*.

Neste caso, as chapas externas são aplicadas sobre perfis metálicos fixados sobre as superfícies de concreto destes pilares.

Esta estruturação é constituída pelos perfis em aço galvanizado do tipo CD 60x27x0,5 mm instalados no sentido vertical, com desenvolvimento linear e contínuo ao longo da altura do edifício (Figura 118). Os perfis do tipo CD são fixados nos elementos de ancoragem direta, ilustrados nas Figuras 118 e 119 deste apêndice.

Os elementos de ancoragem direta são fixados diretamente sobre as superfícies de concreto, com parafuso e bucha ou chumbador metálico, definidos pelos cálculos do projetista do sistema.

O espaçamento vertical recomendado entre os elementos de ancoragem direta é de no máximo 1,00 m e esta será a distância adotada para a quantificação deste elemento para o projeto em estudo.

Devem ser quantificados ainda os perfis galvanizados tipo U 30x30x0,5 mm ou 20x30x0,5 mm utilizados para fixação e enrijecimento dos cantos externos, formados pelo encontro entre duas chapas externas a 90º, conforme observa-se na Figura 121 deste apêndice.

A Figura 128 ilustra o detalhe em planta da estruturação metálica aplicada sobre as superfícies de concreto de um dos pilares do projeto em estudo.

Figura 128– Detalhe em planta da estruturação metálica aplicada sobre um dos pilares de concreto do projeto em estudo

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

Os Quadros 161, 162 e 163 apresentam, respectivamente, as quantidades de perfil tipo CD, elementos de ancoragem direta e perfil tipo U, para o pavimento-tipo do projeto e para os vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial em estudo.

Quadro 161– Quantidade de perfil tipo CD para o pavimento-tipo e para os vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial

Detalhe do projeto	Quantidade do detalhe em um pavimento (un)	Quantidade perfil CD no detalhe (un)	Comprimento perfis CD (m)	Quantidade perfil CD em um pavimento (m)	Quantidade perfil CD para 25 pavimentos (m)	Perda adotada de 5% (m)	Quantidade total de perfil CD para 25 pavimentos (m)
	A	B	C	$D=A \times B \times C$	$E=D \times 25$	$F=E \times 5\%$	$E + F$
2	9	2,66	47,88	1.197,00	59,85	1.256,08
4	4	2,82	45,12	1.128,00	56,40	1.184,40
4	3	2,82	33,84	846,00	42,30	888,30
4	2	2,82	22,56	564,00	28,20	592,20
4	2	2,82	22,56	564,00	28,20	592,20
Total				171,96	4.299,00		4.513,18

Fonte: Elaborado pelo autor

Os elementos de ancoragem direta são fixados a cada 1,00 m de perfil tipo CD, portanto, a quantidade destes elementos pode ser calculada em função da quantidade total deste perfil, expressa em metros (Quadro 162).

Quadro 162– Quantidade total de elementos de ancoragem direta para os vinte e cinco pavimentos da torre residencial

Quantidade de perfil tipo CD para 25 pavimentos (m)	Espaçamento entre os elementos de ancoragem direta (m)	Quantidade de elementos de ancoragem direta (un)	Perda adotada de 5% (un)	Quantidade total de EADs para 25 pavimentos da torre
A	B	$C = A / B$	$D = C \times 5\%$	$C + D$
4.299,00	1,00	4.299,00	214,95	4.513,95

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 163– Quantidade de perfil tipo U para o pavimento-tipo e para os vinte e cinco pavimentos da torre residencial

Detalhe do projeto	Quantidade do detalhe em um pavimento-tipo (un)	Quantidade perfil tipo U no detalhe (un)	Comprimento do perfil tipo U (m)	Quantidade perfil tipo U em um pavimento-tipo (m)	Quantidade perfil tipo U para 25 pavimentos-tipos (m)	Perda adotada de 5% (m)	Quantidade total de perfil tipo U para 25 pavimentos-tipos (m)
A	B	C	D=AxBxC	E=Dx25	F=Ex5%	E + F
2	4	2,66	21,28	532,00	26,60	558,60
4	2	2,82	22,56	564,00	28,20	592,20
4	2	2,82	22,56	564,00	28,20	592,20
4	2	2,82	22,56	564,00	28,20	592,20
4	2	2,82	22,56	564,00	28,20	592,20
Total				111,52	2.788,00		2.927,40

Fonte: Elaborado pelo autor

II.3 Perfis metálicos para o revestimento em chapas delgadas sobre pilares (isolados sob o pilotis e os que compõem o fechamento externo do pavimento) e estruturação em *LSF* para fechamento dos shafts do pavimento térreo

Resgatando-se os dados apresentados no Quadro 109 do Apêndice B e levantando-se em projeto o perímetro externo total correspondente aos pilares que compõem o fechamento externo do pavimento térreo, obtém-se o resumo apresentado no Quadro 164.

Como este pavimento não foi detalhado no estudo elaborado pelo Inovatec, adotou-se as seguintes premissas para estimativa de quantidade de perfis e elementos de ancoragem direta:

- Guias e montantes das estruturas *LSF* nos fechamentos de shafts com largura de 90 mm;
- Montantes das estruturas *LSF* nos fechamentos de shafts espaçados a cada 40 cm;
- Perfis tipo CD fixados sobre as superfícies de concreto dos pilares, espaçados a cada 40 cm;
- Elementos de ancoragem direta a cada 1,00 m de perfil tipo CD;
- Foram levantados no projeto 61 perfis tipo U para fixação e enrijecimento de cantos externos a 90º neste pavimento.

Quadro 164– Comprimento e área de revestimento sobre pilares e fechamento de shafts do pavimento térreo

Tipologias	Comprimento total (m) A	Altura (m) B	Área (m²) A x B
Estruturação sobre concreto em pilares isolados sob o pilotis	22,60	4,20	94,92
Estruturação sobre concreto em pilares do fechamento externo do pavimento térreo	17,95	4,20	75,39
Estruturação nos fechamentos de shafts sob o pilotis	11,08	4,20	46,54
Total	51,63		141,46

Fonte: Elaborado pelo autor

Aplicando-se as premissas antes estabelecidas, e, considerando-se os comprimentos totais de fechamentos de shafts e revestimento de pilares apresentados no Quadro 164, são obtidas as quantidades estimadas apresentadas nos Quadros 165, 166, 167 e 168.

Quadro 165– Quantidade estimada de perfil tipo CD e elementos de ancoragem direta para a estruturação sobre concreto nos pilares do pavimento térreo

Tipologia	Comprimento total (m)	Espaçamento entre perfis tipo CD (m)	Total de perfil tipo CD (m)	Espaçamento entre os elementos de ancoragem direta (m)	Total de elementos de ancoragem direta (un)
	A	B	C = A / B	D	C / D
Estruturação sobre concreto	40,55	0,40	101,37	1,00	101,37
Subtotal			101,37		101,37
Perda de 5%			5,07		5,07
Total			106,44		106,44

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 166– Quantidade estimada de perfil tipo U para enrijecimento e fixação das chapas nos cantos externos a 90º nos pilares do pavimento térreo

Tipologia	Quantidade de perfil tipo U levantada em projeto (un)	Comprimento dos perfis tipo U (m)	Total de perfil tipo U (m)
	A	B	C = A x B
Revestimento sobre concreto	61	4,20	256,20
Subtotal			256,20
Perda de 5%			12,81
Total			269,01

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 167– Quantidade estimada de montantes de 90 mm para estruturação dos fechamentos de shafts do pavimento térreo

Tipologia	Comprimento total (m)	Espaçamento entre montantes (m)	Total de montantes de 90 mm (un)	Comprimento dos montantes (m)	Total de montantes de 90 mm (un)
	A	B	C = A / B	D	C x D
Fechamento em shafts	11,08	0,40	27,70	4,20	116,34
Subtotal					116,34
Perda de 5%					5,82
Total					122,16

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 168– Quantidade estimada de guias de 90 mm para estruturação dos fechamentos de shafts do pavimento térreo

Tipologia	Comprimento total (m) A	Quantidade de guias (un) B	Total de guias de 90 mm (m) C = A x B
Fechamento em shafts	11,08	2	22,16
Subtotal			22,16
Perda de 5%			1,11
Total			23,27

Fonte: Elaborado pelo autor

II.4 Resumo geral de quantidades dos perfis, elementos de ancoragem e tubo de aço galvanizado para a camada de estruturação da fachada da torre residencial

O Quadro 169 apresenta o resumo geral dos perfis tipo montante e tipo guia para montagem das estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* da torre residencial.

Quadro 169– Quantidade total de perfis para as estruturas LSF da torre residencial

Quadro de referência	Guia LSF 90 mm (m)	Montante LSF 90 mm (m)	Guia LSF 140 mm (m)	Montante LSF 140 mm (m)	Guia LSF 200 mm (m)	Montante LSF 200 mm (m)
Quadro 157			5.492,55	16.210,95	462,00	1.675,80
Quadro 159			270,10	811,02		
Quadro 160			222,68	250,56		
Quadro 167		122,16				
Quadro 168	23,27					
TOTAIS	23,27	122,16	5.985,33	17.272,53	462,00	1.675,80

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 170 apresenta o resumo geral dos perfis complementares e elementos de ancoragem direta para execução da estruturação sobre as superfícies de concreto e dos tubos de aço galvanizado da estrutura auxiliar para enrijecimento da platibanda da torre residencial ao nível da cobertura.

Quadro 170– Total de perfis complementares e elementos de ancoragem direta para a estruturação sobre as superfícies de concreto e tubos de aço galvanizado para a estrutura auxiliar da platibanda ao nível da cobertura da torre residencial

Quadro de referência	Perfil tipo CD 60x27x0,5 mm (m)	Elementos de ancoragem direta (un)	Perfil tipo U 20x30x0,5 mm (m)	Tubo de aço galvanizado 100x40x1,5 mm (m)
Quadro 161	4.513,18			
Quadro 165	106,44	106,44		
Quadro 166			269,01	
Quadro 162		4.513,95		
Quadro 163			2.927,40	
Quadro 160				173,98
TOTAIS	4.619,62	4.620,39	3.196,41	173,98

Fonte: Elaborado pelo autor

Com as quantidades totais necessárias de cada componente para execução da camada de estruturação da fachada, pode-se estabelecer a composição com os coeficientes de consumos unitários de cada componente por área total de fachada da torre residencial (Quadro 171).

Quadro 171– Consumo unitário de perfis, tubos galvanizados e elementos de ancoragem direta para a camada de estruturação por área total de fachada da torre residencial

Componente	Quantidade total do componente (m)	Área total de fachada da torre residencial (m ²)	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (m/m ²)
	A	B	A / B
Guia LSF 90x40x0,95 mm	23,27 m	8.266,22	0,0028
Montante LSF 90x40x0,95 mm	122,16 m		0,0148
Guia LSF 140x40x0,95 mm	5.985,33 m		0,724
Montante LSF 140x40x0,95 mm	17.272,53 m		2,090
Guia LSF 200x40x0,95 mm	462,00 m		0,0559
Montante LSF 200x40x0,95 mm	1.675,80 m		0,2027
Perfil tipo CD 60x27x0,50 mm	4.619,62 m		0,5589
Elemento de ancoragem direta	4.620,39 un		0,5589
Perfil tipo U 20x30x0,50 mm	3.196,41 m		0,3867
Tubo aço galvanizado 100x40x1,5 mm	165,44 m		0,0200

Fonte: Elaborado pelo autor

Como referência para consultas, o Quadro 172 traz os pesos unitários dos perfis utilizados nas estruturas em *Light Steel Framing (LSF)* com referência de três fabricantes nacionais consultados.

Quadro 172- Pesos unitários dos perfis estruturais para Light Steel Framing (LSF)

Perfil (base x altura x espessura chapa)	Pesos unitários dos perfis por fabricante (kg/m)		
	Ananda	Flasan	Alge
Guia <i>LSF</i> 90 x 40 x 0,95 mm	1,277	1,245	1,275
Montante <i>LSF</i> 90 x 40 x 0,95 mm	1,353	1,357	1,380
Guia <i>LSF</i> 140 x 40 x 0,95 mm	1,657	1,618	1,633
Montante <i>LSF</i> 140 x 40 x 0,95 mm	1,733	1,730	1,753
Guia <i>LSF</i> 200 x 40 x 0,95 mm	2,113	2,066	2,095
Montante <i>LSF</i> 200 x 40 x 0,95 mm	2,189	2,170	2,207

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

O Quadro 173 apresenta o peso total de cada perfil e o peso unitário dos perfis por área total de estrutura em LSF do projeto em estudo.

Quadro 173- Peso total de cada perfil LSF e pesos unitários dos perfis LSF por área total de estrutura *Light Steel Framing (LSF)* do projeto

Perfil (base x altura x esp chapa)	Total do perfil no projeto (m) A	Peso unitário do perfil (kg/m) B	Total do perfil no projeto (kg) C = A x B	Área total de estrutura <i>LSF</i> do projeto (m²) D	Peso de perfis por área de estrutura <i>LSF</i> (kg/m²) C / D
Guia <i>LSF</i> 90 x 40 x 0,95 mm	22,16	1,277	28,30	5.710,32	0,005
Montante <i>LSF</i> 90 x 40 x 0,95 mm	116,34	1,353	157,41		0,028
Guia <i>LSF</i> 140 x 40 x 0,95 mm	5.700,31	1,657	9.445,41		1,654
Montante <i>LSF</i> 140 x 40 x 0,95 mm	16.450,03	1,733	28.507,91		4,992
Guia <i>LSF</i> 200 x 40 x 0,95 mm	440,00	2,113	929,72		0,163
Montante <i>LSF</i> 200 x 40 x 0,95 mm	1.596,00	2,189	3.493,64		0,612
Peso unitário de perfis <i>LSF</i> por área total de estrutura <i>LSF</i>					7,454
<div>- As barras de guias e montantes são comercializadas com comprimento padrão de 3,00 m.</div> <div>- As quantidades da tabela estão sem as perdas de 5%, pois, se referem às quantidades empíricas de projeto.</div> <div>- Área total de estrutura <i>Light Steel Framing (LSF)</i>: 5.710,32 m²</div> <div> Pavimentos-tipos: 5.309,00 m²</div> <div> Pavimento térreo: 240,73 m²</div> <div> Platibanda na cobertura: 114,05 m²</div> <div> Fechamento em shafts no térreo: 46,54 m²</div> <div>- Para os cálculos, foram adotados os pesos unitários dos perfis do fabricante Ananda.</div>					

Fonte: Elaborado pelo autor

II.5 Quantidade de elementos para fixação dos perfis tipo guia e perfis tipo montante da estrutura *LSF* na estrutura de concreto armado da edificação

Os perfis tipo guia ou montante são fixados nos elementos em concreto armado da estrutura principal da edificação (pilares, vigas e lajes) por meio de parafusos com buchas, chumbadores metálicos ou pinos de aço, conforme recomendações do projetista do sistema.

O estudo elaborado pela Inovatec define a utilização de bucha SX 10 Fischer com parafuso cabeça chata, fixação metal-concreto $\varnothing 6,1 \times 65$ mm para esta fixação, com um ponto a cada 60 cm de perfil guia ou perfil montante (Figura 129).

Figura 129– Indicação da fixação de perfil tipo guia no estudo (sem escala)

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

O consumo de fixações é diretamente proporcional ao comprimento total de perfis guias e montantes do projeto.

O Quadro 174 apresenta o comprimento total de perfis guias e montantes fixados nos elementos estruturais do pavimento-tipo da torre residencial.

O Quadro 175 apresenta o consumo médio de elementos de fixação por comprimento de perfis guias ou montantes.

Quadro 174- Comprimento de perfis guias e perfis montantes fixados na estrutura de concreto armado por elevação e para o pavimento-tipo do projeto

Elevações	Área total (m²)	Guia 140 x 40 x 0,95 mm			Montante 140 x 40 x 0,95 mm		
		1 Elevação (m) A	Quant elevações B	Total (m) A x B	1 Elevação (m) C	Quant elevações D	Total (m) C x D
Elevação 1	58,16	8,93	4	35,72	5,32	4	21,28
Elevação 2	34,44	6,48	4	25,92	5,32	4	21,28
Elevação 3	65,56	12,32	4	49,28	5,32	4	21,28
Elevação 4	23,40	4,40	4	17,60	5,32	4	21,28
Elevação 5	17,44	3,28	4	13,12	5,32	4	21,28
Elevação 6	13,36	5,94	2	11,88	4,50	2	9,00
Total 1 pavto	212,36			153,52			115,40

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 175– Consumo médio de elementos de fixações por comprimento de perfis tipo guia e montante fixados na estrutura de concreto armado da edificação

Posição do elemento de fixação	Perfil tipo Guia		Perfil tipo Montante	
	Espaçamento entre as fixações (m)	Consumo médio de fixações (un/m perfil)	Espaçamento entre as fixações (m)	Consumo médio de fixações (un/m perfil)
Fixação horizontal: <i>lajes do pavimento</i>	0,60	1,88		
Fixação vertical: <i>pilares de concreto</i>			0,60	1,88

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 176 apresenta o consumo dos elementos de fixação por área de estrutura *LSF* no pavimento-tipo da torre residencial.

Quadro 176- Consumo total dos elementos de fixação de guias e montantes e consumo por área de estrutura LSF no pavimento-tipo do projeto

Perfil	Total (m) A	Consumo de fixações (un/m) B	Total Fixações (un) C = A x B	Total de fixações com perda de 5% (un) D = C + 5%	Consumo de fixações por área de estrutura <i>LSF</i> (un/m²) D / 212,36 m²
Guia 140mm/200mm	153,20	1,88	288,02	302,42	1,424
Montante 140mm/200mm	115,50	1,88	217,14	228,00	1,074
Totais				530,42	2,498
- Cálculo válido para o espaçamento de 0,60 m entre os elementos de fixação das guias e montantes - Perda de 5% adotada para os elementos de fixação - Área total de estrutura no pavimento-tipo: 212,36 m²					

Fonte: Elaborado pelo autor

O consumo dos elementos de fixação por área de estrutura *LSF* obtido no Quadro 176 para o pavimento-tipo será utilizado para estimar a quantidade total de

elementos de fixação das estruturas *LSF* do pavimento térreo, gerando os quantitativos apresentados no Quadro 177.

Quadro 177– Quantidade total de elementos de fixação dos perfis montante e guia para o pavimento térreo do projeto

Tipologia	Área total (m ²) A	Consumo médio de elementos de fixação por área de estrutura <i>LSF</i> (un/m ²) B	Total de elementos de fixação com perda de 5% (un) A x B
Estruturas <i>LSF</i> no fechamento do pavimento térreo	240,73	2,498	601,34
Estruturas <i>LSF</i> no fechamento de shafts do pavimento térreo	46,54		116,26
Total no pavimento térreo	287,27		717,60

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as estruturas *LSF* da platibanda da cobertura tem-se 54 quadros com dimensões de 1,92 x 1,10 m, num comprimento total de 3,84 m de perfil guia e de 2,20 m de perfil montante por quadro. A quantidade total de elementos de fixação para a platibanda é apresentada no Quadro 178.

Quadro 178– Quantidade total de elementos de fixação de guias e montantes para a platibanda do pavimento cobertura da torre residencial

Perfil	Total de perfil por quadro (m) A	Total de quadros (un) B	Comp total de perfil (un) C = A x B	Consumo de fixações com perda de 5% (un/m) D	Total de fixações para os quadros da platibanda da cobertura (un) C x D
Guia 140mm	3,84	54	207,36	1,97	408,50
Montante 140mm	2,20	54	118,80	1,97	234,04
Total de fixações para a estrutura <i>LSF</i> da platibanda cobertura					642,54

Fonte: Elaborado pelo autor

Além dos elementos de fixação para os perfis tipo guia e tipo montante, deve-se quantificar as fixações para os elementos de ancoragem direta, instaladas sobre as superfícies de concreto.

Tem-se um parafuso com bucha para cada elemento de ancoragem direta e o Quadro 179 traz a quantidade total de parafusos com buchas para fixação destes elementos sobre as superfícies de concreto.

Quadro 179– Quantidade total de elementos de fixação para instalação dos elementos de ancoragem direta sobre as superfícies de concreto

Elemento	Total de elementos de ancoragem direta no projeto (un) A	Total de fixações por elemento de ancoragem direta (un) B	Total de fixações para os elementos de ancoragem direta (un) C = A x B	Perda adotada de 5% (un/m) D = C x 5%	Total de fixações para os elementos de ancoragem direta (un) C + D
Elemento de ancoragem direta	4.400,37	1	4.400,37	220,02	4.620,39

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo-se as quantidades totais de elementos de fixação para os perfis guias e montantes e para os elementos de ancoragem direta, pode-se estabelecer o coeficiente de consumo unitário destes elementos área total de fachada para uma torre residencial (Quadro 180).

Quadro 180– Consumo unitário de elementos de fixação dos perfis guias e montantes por área total de fachada da torre residencial

Pavimentos / Elementos	Quantidade total de elementos de fixação (un) A	Área total de fachada da torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
Pavimentos-tipos (25 x)	13.260,50	8.266,22	1,604
Pavimento térreo	717,60		0,087
Pavimento cobertura	642,54		0,078
Fixação dos elementos de ancoragem direta	4.620,39		0,559

Fonte: Elaborado pelo autor

II.6 Quantidade de banda acústica sob os perfis tipo guia e tipo montante fixados na estrutura de concreto da edificação

Sob os perfis do tipo montante ou tipo guia, fixados nos elementos estruturais de concreto, recomenda-se a colocação de uma fita em polietileno expandido que auxilia no desempenho acústico do sistema.

No caso do projeto em estudo será adotada a banda acústica com largura de 90 mm, sendo instalada em todo o perímetro de cada elevação de estrutura LSF dos pavimentos. O Quadro 181 apresenta a quantidade total de banda acústica dos vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial.

Quadro 181- Quantidade total de banda acústica para os vinte e cinco pavimentos-tipos da torre residencial

Elevações	Elev 1 (4x)	Elev 2 (4x)	Elev 3 (4x)	Elev 4 (4x)	Elev 5 (4x)	Elev 6 (2x)	Total (m)
Perímetro da elevação (m) A	16,25	11,80	17,64	9,72	8,60	10,44	
Quantidade no pavimento B	4	4	4	4	4	2	
Total em 1 pavimento C = A x B	65,00	47,20	70,56	38,88	34,40	20,88	276,92
Total em 1 pavimento com perda de 5% D = C + 5%	68,25	49,56	74,09	40,82	36,12	21,92	290,76
Total em 25 pavimentos D x 25	1.706,25	1.239,00	1.852,25	1.020,50	903,00	548,00	7.268,55

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o pavimento térreo, com base nas dimensões e quantidades das onze elevações deste pavimento apresentadas no Quadro 158, calcula-se um perímetro total de 282,78 m. A quantidade total de banda acústica para o pavimento térreo é apresentada no Quadro 182.

Quadro 182- Quantidade total de banda acústica para o pavimento térreo da torre residencial

Elevações	Perímetro total das elevações do pavimento (m) A	Total de banda acústica (m) B = A	Perda adotada de 5% C = B x 5%	Total de banda acústica no pavimento (m) B + C
Elevações 1 a 11	282,78	282,78	14,14	296,92

Fonte: Elaborado pelo autor

Como a platibanda do pavimento cobertura é um elemento externo à edificação, não há necessidade de incremento de desempenho acústico, portanto, a banda acústica não será aplicada neste pavimento.

O Quadro 183 traz a quantidade total de banda acústica necessária para a torre residencial e o consumo unitário deste componente por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 183- Quantidade total de banda acústica para a torre residencial e consumo unitário por área total de fachada

Pavimentos	Quantidade total de banda acústica nos pavimentos (m)	Total de banda acústica na torre residencial (m) A	Área total de fachada da torre residencial (m ²) B	Coefficiente de consumo unitário por área total de fachada (m/m ²) A / B
Pavimentos-tipos (25x)	7.268,55	7.565,47	8.266,22	0,915
Pavimento térreo	296,92			

Fonte: Elaborado pelo autor

II.7 Quantidade de parafusos para união dos perfis guias e perfis montantes das estruturas *LSF* e fixação dos perfis CD nos elementos de ancoragem direta

Para a união entre os perfis guias e perfis montantes, assim como, para fixação dos perfis tipo CD nos elementos de ancoragem direta, o projeto determina a utilização de parafusos autobrocantes, metal-metal, cabeça escareada – chave Philips, ponta broca nº 2 LB Ø4,2x13 mm.

A união e a fixação entre os perfis é executada pela aplicação de um parafuso no encontro entre as abas dos perfis.

A união dos perfis tipo CD com os elementos de ancoragem direta é executada pela aplicação de um parafuso em cada aba do perfil, no encontro deste com o elemento de ancoragem direta.

A quantidade total de parafusos levantada para cada elevação e a quantidade total de parafusos para todas as estruturas *LSF* do pavimento-tipo, assim como, o

consumo de parafusos por área total de estrutura *LSF* deste pavimento são demonstrados no Quadro 184.

Quadro 184- Quantidade de parafusos para a união entre os perfis guias e montantes e consumo por área de estrutura *LSF* no pavimento-tipo da torre residencial

Elevações	Área total (m²)	Quantidade de parafusos por elevação (un)	Quantidade de elevações no pavimento (un)	Total de parafusos no pavimento com perda adotada de 5% (un)	Consumo de parafusos por área total de estrutura <i>LSF</i> (un/m²)
	A	B	C	D = (B x C)+5%	D / A
Elevação 1	58,16	92	4	386,40	6,643
Elevação 2	34,44	80	4	336,00	9,756
Elevação 3	65,56	122	4	512,40	7,816
Elevação 4	23,40	24	4	100,80	4,308
Elevação 5	17,44	48	4	201,60	11,560
Elevação 6	13,36	24	2	50,40	3,772
Total 1 pavto	212,36			1.587,60	7,476

Fonte: Elaborado pelo autor

O coeficiente de consumo de parafusos por área total de estrutura *LSF* obtido no pavimento-tipo, será utilizado para estimar a quantidade de parafusos das estruturas *LSF* do pavimento térreo, aplicando-se este coeficiente sobre à área total de estruturas *LSF* deste pavimento.

O Quadro 185 traz a quantidade estimada total de parafusos para o pavimento térreo da torre residencial.

Quadro 185– Quantidade total de parafusos para as estruturas *LSF* do pavimento térreo da torre residencial

Tipologia	Área total (m²) A	Consumo médio de parafusos por área de estrutura <i>LSF</i> (un/m²) B	Total de parafusos com perda adotada de 5% (un) A x B
Estruturas <i>LSF</i> no fechamento do pavimento térreo	240,73	7,476	1.799,70
Estruturas <i>LSF</i> no fechamento de shafts do pavimento térreo	46,54	7,476	347,93
Total no pavimento térreo	287,27		2.147,63

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as estruturas *LSF* da platibanda do pavimento cobertura tem-se 54 quadros com dimensões de 1,92 x 1,10 m, com uma quantidade total levantada de 22 parafusos por quadro, já com a perda adotada de 10%. A quantidade total de parafusos para a platibanda da torre residencial é apresentada na Quadro 186.

Quadro 186– Quantidade total de parafusos para as estruturas *LSF* da platibanda da cobertura da torre residencial

Item	Total de parafusos por quadro com perda adotada de 5% (un) A	Total de quadros de estrutura <i>LSF</i> (un) B	Total de parafusos para os quadros de estrutura <i>LSF</i> da platibanda da cobertura (un) A x B
Quadros 1,92 x 1,10m	21	54	1.134,00

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 187 apresenta a quantidade total de parafusos para a fixação dos perfis tipo CD nos elementos de ancoragem direta.

Quadro 187– Quantidade total de parafusos para fixação dos perfis tipo CD nos elementos de ancoragem direta

Elemento	Total de elementos de ancoragem direta no projeto (m) A	Total de parafusos por elemento de ancoragem direta (un) B	Total de parafusos (un) C = A x B	Perda adotada de 10% (un/m) D = C x 5%	Total de fixações para os elementos de ancoragem direta (un) C + D
Elemento de ancoragem direta	4.400,37	2	8.800,74	440,04	9.240,78

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 188 traz o resumo com a quantidade total de parafusos para as estruturas *LSF* da torre residencial e o consumo unitário deste componente por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 188- Quantidade total de parafusos para as estruturas metálicas da torre residencial e consumo unitário por área total de fachada

Pavimentos e elementos	Quantidade total de parafusos nos pavimentos (un)	Total de parafusos na torre residencial (un) A	Área total de fachada da torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
Pavimentos-tipos (25x)	39.690,00	52.212,41	8.266,22	6,316
Pavimento térreo	2.147,63			
Platibanda cobertura	1.134,00			
Fixação dos perfis CD	9.240,78			

Fonte: Elaborado pelo autor

III. Quantidade de componentes para execução da camada impermeável das fachadas

III.1 Quantidade de membrana impermeável, posicionada entre as chapas externas e os perfis metálicos

O Quadro 189 apresenta os consumos médios de membrana impermeável por área de fachada indicados pelos fabricantes pesquisados.

Quadro 189- Consumos médios de membrana impermeável por área de fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada em painéis leves

Fabricante	Brasilit	Knauf	PlacLux	USG	Rey	Eternit
Consumo (m²/m²)	não indicado	1,10	1,17	não indicado	não indicado	não indicado
O consumo informado pelos fabricantes inclui o sobre consumo devido à sobreposição entre as faixas de membrana impermeável, bem como, devido aos recortes na membrana.						
<ul style="list-style-type: none"> - Consumos médios com base no espaçamento de 400 mm entre os perfis montantes. - Consumo de membrana impermeável a ser aplicada sobre área total de fachada. - A membrana é aplicada sobre toda a superfície da fachada, inclusive vãos de esquadrias e aberturas da fachada, sendo recortada posteriormente (recomendação dos fabricantes). - Para compor os custos do presente trabalho será utilizado o consumo médio de 1,17 m²/m². 						

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

Com base no consumo médio apresentado no Quadro 189, pode-se estimar o consumo total de membrana impermeável e o consumo unitário de membrana impermeável por área total de fachada da torre residencial, conforme demonstrado no Quadro 190.

Quadro 190– Quantidade total de membrana impermeável e consumo unitário por área total de fachadas de torre residencial

Componente	Consumo médio por área total de fachada (m)	Área total de fachada (m ²)	Total de Membrana impermeável (m ²)	Área total de fachadas (m ²)	Coeficiente de consumo unitário de membrana impermeável por área total de fachada (m ² /m ²)
	A	B	C = A x B	D	C / D
Membrana impermeável	1,17	8.266,22	9.671,48	8.266,22	1,17

Fonte: Elaborado pelo autor

III.2 Quantidade de parafusos para fixação da membrana impermeável sobre as estruturas metálicas

Para a fixação da membrana impermeável sobre os perfis metálicos das estruturas, de acordo com as entrevistas realizadas pelo autor com empresas especializadas na montagem do sistema, utilizam-se normalmente parafusos metal-metal autobrocantes, cabeça chata, chave *Philips*, ponta broca, 4,2x13 mm, espaçados no máximo a cada 60 cm, nos sentidos horizontal e vertical.

Pode-se adotar o consumo médio de 10 parafusos por área de membrana instalada (cálculo do autor), lembrando que, a área de membrana instalada corresponde à área total de fachada.

O Quadro 191 apresenta o total de parafusos para instalação da membrana impermeável e o consumo médio por área total de fachada para uma torre residencial.

Quadro 191– Quantidade total de parafusos para fixação da membrana impermeável e consumo unitário por área total de fachadas da torre residencial

Componente	Consumo médio de parafusos por área de membrana impermeável (un/m ²) A	Área total de fachada (m ²) B	Total de parafusos para fixação da membrana impermeável com perda adotada de 10% (un) C = (AxB)+5%	Área total de fachadas (m ²) D	Coeficiente de consumo unitário de parafuso para fixação de membrana impermeável por área total de fachada (un/m ²) C / D
Parafuso para fixação da membrana impermeável	10	8.266,22	86.795,31	8.266,22	10,50

Fonte: Elaborado pelo autor

III.3 Quantidade de fita adesiva para selagem das sobreposições entre as faixas de membrana impermeável

Além dos parafusos para a fixação, é indicada pelos fabricantes do sistema, a selagem de todas as sobreposições entre as membranas impermeáveis verticais e horizontais com fita adesiva, para melhoria da estanqueidade do sistema, quanto à passagem de ar e vapor.

O consumo médio a ser adotado é de 1,50 m de fita adesiva por área de membrana impermeável (cálculo do autor).

Esta fita é comercializada em rolos com 50 metros e os consumo total e consumo por área total de fachada para uma torre residencial, são apresentados no Quadro 192.

Quadro 192– Quantidade total de fita adesiva na sobreposição entre membranas impermeáveis e consumo unitário por área total de fachadas da torre residencial

Componente	Consumo médio de fita adesiva por área de membrana impermeável (m/m²)	Área total de fachada (m²)	Total de fita adesiva nas sobreposições entre as membranas impermeáveis com perda adotada de 5% (m) C = (AxB)+5%	Área total de fachadas (m²)	Coeficiente de consumo unitário de fita adesiva na sobreposição entre as membranas impermeáveis por área total de fachada (m/m²) C / D
	A	B		D	
Fita adesiva nas sobreposições entre as membranas impermeáveis	1,50	8.266,22	13.019,30	8.266,22	1,575

Fonte: Elaborado pelo autor

IV. Quantidade de componentes para execução da camada externa das fachadas

IV.1 Quantidade de parafusos para fixação das chapas externas nas estruturas metálicas

Para a fixação das chapas externas sobre os montantes das estruturas metálicas, recomendam-se parafusos autobrochantes, metal-chapa cimentícia, cabeça chata – chave philips, ponta broca, conforme as especificações de cada fabricante.

As especificações dos parafusos indicadas pelos fabricantes pesquisados são apresentadas no Quadro 193.

Quadro 193– Parafusos recomendados pelos fabricantes para a fixação das chapas externas sobre a estrutura LSF

Fabricante	Parafuso recomendado para fixação de uma chapa externa sobre a estrutura LSF
Brasilit	parafuso autobrocante, ponta broca com asas, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm
Knauf	parafuso autobrocante, cabeça chata – chave Philips, ponta broca, diâmetro 4,2 mm, comprimento 25 mm
PlacLux	parafuso com cabeça autoescariante, ponta broca, sem aletas de expansão, diâmetro 4,2 mm , comprimento 32 mm
USG	Parafuso autobrocante, cabeça chata - chave Philips, ponta broca, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm

Continua

Conclusão	
Fabricante	Parafuso recomendado para fixação de uma chapa externa sobre a estrutura LSF
Rey	parafuso autobrocante, ponta broca, cabeça corneta, diâmetro 3,5 mm, comprimento 29 mm
Eternit	parafuso ponta broca, cabeça autoescariante, com aletas de expansão, diâmetro 4,2 mm, comprimento 32 mm

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

Os parafusos fixam as chapas externas sobre os montantes das estruturas metálicas em *LSF* e perfis tipo CD.

Os fabricantes de componentes para sistemas de fachada indicam, em seus manuais técnicos, consumos médios de parafusos para a fixação das chapas externas aos perfis metálicos, os quais, são apresentados na Quadro 194.

Quadro 194- Quantidade média de parafusos para fixação das chapas externas aos perfis das estruturas metálicas por área de fachada, indicada pelos fabricantes de componentes para sistemas de fachada em painéis leves

Fabricante	Brasilit	Knauf	PlacLux	USG	Rey	Eternit
Consumo (un/m ²)	15,0	22,0	18,0	17,0	14,8	16,7
- Consumos médios com base no espaçamento de 400 mm entre os perfis montantes. - Para compor os custos do presente trabalho será utilizado o consumo médio recomendado pela empresa Knauf com 22 un/m² .						

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

Com base no consumo médio apresentado no Quadro 194, pode-se estimar o consumo total de parafusos para fixação das chapas externas sobre os perfis das estruturas metálicas e o consumo unitário de parafusos por área total de fachada da torre residencial (Quadro 195).

Quadro 195– Quantidade total de parafusos para fixação das chapas externas e consumo unitário por área total de fachadas de torre residencial

Componente	Consumo médio por área de painéis da fachada (m)	Área total de painéis da fachada (m ²)	Total de parafusos com perda adotada de 10% (un)	Área total de fachadas (m ²)	Coeficiente de consumo unitário de parafusos para fixação dos painéis externos (un/m ²) C / D
	A	B	C = (A x B) +5%	D	
Parafuso autobrocante para fixação das chapas externas	22,0	7.060,46	163.096,63	8.266,22	19,73

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.2 Quantidade de chapas delgadas para a camada externa

A quantidade total de chapas externas pode ser estimada, de acordo com as indicações dos fabricantes dos componentes do sistema de fachada em chapas delgadas, incorporando inclusive, as perdas referentes aos cortes nas chapas, resultante da modulação dos diversos panos de fachada da edificação, assim como, da presença de esquadrias e aberturas na fachada.

O Quadro 196 apresenta os consumos médio de chapas externas por área de painéis da fachada indicado pelos fabricantes pesquisados.

Quadro 196- Consumo médio de painéis externos por área de fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada com painéis leves

Fabricante	Brasilit	Knauf	PlacLux	USG	Rey	Eternit
Consumo (m ² /m ²)	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00	-
Consumos informados pelos fabricantes nos respectivos manuais técnicos, a serem aplicados sobre a área total da fachada						
- Consumos médios com base no espaçamento de 400 mm entre os perfis montantes. - Para os cálculos do presente trabalho será adotada uma perda de 5% para as chapas - Para compor os custos do presente trabalho será utilizado o consumo médio de 1,05 m²/m² .						

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

O Quadro 197 apresenta a quantidade total de chapas externas e o consumo unitário por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 197– Quantidade total de chapas externas e consumo unitário por área total de fachada da torre residencial

Componente	Consumo médio de chapas externas por área de painéis da fachada (m ² /m ²) A	Área total de fachada (m ²) B	Total de chapas externas com perda adotada de 5% (m ²) C = A x B	Área total de fachadas (m ²) D	Coeficiente de consumo unitário de chapas externas por área total de fachada (m ² /m ²) C / D
Chapa externa	1,05	8.266,22	8.679,53	8.266,22	1,05

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.3 Quantidade de fita e massa para tratamento das juntas entre as chapas externas

No encontro entre as chapas externas deve ser executado o tratamento das juntas com fita de reforço em malha de fibra de vidro e massa de base cimentícia para esta finalidade, indicadas pelos fabricantes.

Com exceção do fabricante Brasilit, que indica o tratamento das juntas com duas fitas sobrepostas e massa em três demãos, os demais fabricantes indicam o tratamento com apenas uma fita e camada única de massa.

O Quadro 198 apresenta os consumos médios de fita e massa para tratamento das juntas indicados pelos fabricantes dos componentes do sistema por área efetivamente tratada, ou seja, a área de painéis da fachada.

Quadro 198- Consumo médio de fitas de reforço e massa para tratamento de juntas entre as chapas externas por área de painéis de fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada em chapas delgadas

Fabricante	Brasilit	Knauf	PlacLux	USG	Rey	Eternit
Consumo de tela para tratamento de juntas (m/m ²)	1,44 (fita 5 cm) 1,44 (fita 10 cm)	2,10 (fita 20 cm)	2,00 (fita 10 cm)	1,00 (fita 10 cm)	1,00 (fita 7,5 cm)	-
Consumo de massa para tratamento de juntas (kg/m ²)	0,84	1,40	(ver nota)	0,80	(ver nota)	-
Consumo informado pelos fabricantes nos respectivos catálogos						
- Os fornecedores PlacLux e Rey informam o consumo de massa para tratamento de juntas, incluso no consumo da massa de acabamento do sistema.						

Fonte: Catálogos dos fabricantes (2016)

O Quadro 199 apresenta a quantidade total de fita de reforço e massa para tratamento das juntas, com base na aplicação de uma fita e camada única de massa de base cimentícia, tendo como parâmetros os consumos indicados pelo fabricante Knauf, acrescidos da perda adotada de 15% para as fitas e de 5% para a massa.

Quadro 199– Quantidade total de fita e massa para tratamento de juntas e consumo unitário por área total de fachadas da torre residencial

Componente	Consumo médio por área de painéis da fachada (m/m ²) e (kg/m ²)	Área total de painéis da fachada (m ²)	Total com perda adotada de 15% e 5% (m) e (kg) C = (AxB)+15% e C = (AxB)+5%	Área total de fachadas (m ²)	Coeficiente de consumo unitário de fita e massa para tratamento de juntas por área total de fachada (m/m ²) e (kg/m ²) C / D
	A	B		D	
Fita para tratamento de juntas (m)	2,10	7.060,46	17.051,02	8.266,22	2,06
Massa para tratamento de juntas (kg)	1,40		10.378,88		1,26

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.4 Quantidade de malha superficial de reforço e massa de acabamento, aplicados sobre as chapas externas, após o tratamento das juntas

Após o tratamento das juntas, aplica-se sobre toda a área de painéis da fachada uma malha de reforço em fibra de vidro embutida em uma camada de massa de base cimentícia para acabamento da superfície, preparando a base para a pintura da fachada.

O Quadro 200 apresenta os consumos médios de malha de reforço superficial e massa para acabamento, indicados pelos fabricantes dos componentes do sistema por área de painéis da fachada.

Quadro 200- Consumo médio de malha superficial e massa de proteção e acabamento por área de painéis da fachada, indicada pelos fabricantes dos componentes para os sistemas de fachada em painéis leves

Fabricante	Brasilit	Knauf	PlacLux	USG	Rey	Eternit
Consumo de malha de reforço superficial (m ² /m ²)	o sistema Brasilit não indica esta tela	1,10	1,04	1,04	1,00	-
Consumo de massa para acabamento (kg/m ²)	o sistema Brasilit não indica esta massa	6,50	2,86	2,80	6,04	-
Consumos informados pelos fabricantes nos respectivos manuais ou em consultas efetuadas pelo autor, a serem aplicados sobre a área de painéis da fachada						
- Os fornecedores PlacLux e Rey informam o consumo de massa para tratamento de juntas, incluso no consumo da massa de proteção e acabamento. - Pode-se observar que o consumo indicado pelos fornecedores PlacLux e USG representa aproximadamente 50% dos consumos indicados pelos fornecedores Knauf e Rey - Para composição dos custos do presente trabalho será adotada uma perda de 5% sobre as quantidades empíricas informadas pelos fabricantes.						

Fonte: Catálogos e consultas aos fabricantes (2016)

O Quadro 201 apresenta a quantidade total de malha superficial e massa de acabamento, tendo como parâmetros os consumos indicados pelo fabricante Knauf, acrescidos da perda adotada de 15% para a malha e de 5% para a massa.

Quadro 201– Quantidade total de malha de reforço superficial e massa de acabamento e consumo unitário por área total de fachadas da torre residencial

Componente	Consumo Médio por área de painéis da fachada (m ² /m ²) e (kg/m ²)	Área de painéis total da fachada (m ²)	Total com perda adotada de 15% e 5% (m) e (kg)	Área total de fachadas (m ²)	Coefficiente de consumo unitário de malha de reforço superficial e massa de acabamento por área total de fachada (m/m ²) e (kg/m ²)
	A	B	C = (AxB)+15% e C = (AxB)+5%	D	C / D
Malha de reforço superficial (m ²)	1,10	7.060,46	8.931,48	8.266,22	1,08
Massa para acabamento (kg)	6,50		48.187,64		5,83

Fonte: Elaborado pelo autor

Além da tela de malha de reforço superficial, no estudo elaborado para o pavimento-tipo da torre residencial, indica-se a execução de um reforço adicional com a mesma tela, nos vértices das esquadrias e aberturas da fachada (Figura 130).

Figura 130– Reforço com tela e massa de proteção e acabamento nos vértices das aberturas da fachada

Fonte: Inovatec (2016)

Desconsiderando-se a área a ser cortada, tem-se, portanto, 0,25 m² (0,50 x 0,50 m) de tela para cada vértice de abertura em fachada, e, deve-se quantificar mais este componente para compor o custo total da camada externa da fachada.

O Quadro 202 traz a quantidade total de telas para reforço das aberturas e o consumo de tela por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 202– Quantidade total de tela para reforço em aberturas da fachada e consumo unitário de tela por área total de fachadas da torre residencial

Pavimento	Quantidade total de vértices de aberturas por pavimento (un)	Área de tela de reforço por vértice de abertura (m ²)	Total de tela para reforço de aberturas com perda adotada de 5% (m ²)	Área total de fachadas (m ²)	Coeficiente de consumo unitário de tela de reforço em aberturas por área total de fachada (m ² /m ²)
	A	B	C = (AxB)+5%	D	C / D
Pavimento térreo	50	0,25	13,13	8.266,22	0,0016
Pavimentos-tipos (25x)	2.200		577,50		0,0699
Total	2.250		590,63		0,072

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.5 Quantidade de perfis em PVC para reforço e proteção de cantos, pingadeiras e juntas de dilatação no sistema de fachada em painéis leves

Os perfis em PVC indicados no projeto são aqueles apresentados no Capítulo 4 do presente trabalho, na caracterização da tecnologia de fachada em painéis leves em estudo.

Os perfis a serem quantificados são os seguintes:

1. Perfis para reforço e proteção de cantos internos e externos nos encontros a 90º das chapas externas da fachada ou nos cantos externos dos vãos de caixilhos e aberturas das fachadas;
2. Perfis com função de pingadeira para arremate e proteção dos rodapés das chapas externas da fachada ao nível do pavimento térreo;
3. Perfis tipo junta de dilatação que permitem a movimentação dos painéis externos por expansão e retração devido à ação da temperatura do meio exterior.

IV.5.1 Quantidade de perfis de PVC com tela de fibra de vidro incorporada para reforço e proteção de cantos internos e externos

Os Quadros 203 e 204 apresentam a quantidade de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada para o reforço e proteção de cantos internos e externos nos pavimentos e o coeficiente de consumo por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 203– Quantidade total de perfil de PVC com tela de fibra de vidro incorporada para cantos externos e consumo unitário de perfil por área total de fachada

Pavimento	Pavimento térreo I	Pavimento tipo (1x) J	Pavimento tipo (25x) K = J x 25	Cobertura L	Total I + K + L
Quant de cantos externos verticais (un) A	71	28	700	24	795
Altura dos cantos externos verticais (m) B	4,20	2,88	2,88	1,20	-
Total de cantos externos verticais (m) C = A x B	298,20	80,64	2.016,00	28,80	2.343,00

Continua

Conclusão

Pavimento	Pavimento térreo I	Pavimento tipo (1x) J	Pavimento tipo (25x) K = J x 25	Cobertura L	Total I + K + L
Total de cantos externos na requadrção de esquadrias e aberturas (m) D1	138,28	115,32	2.883,00	-	3.021,28
Total de cantos externos horizontais (m) D2	-	-	-	212,08	212,08
Total de cantos externos no pavimento (m) E = C + D1 + D2	436,48	195,96	4.899,00	240,88	5.576,36
Perda adotada de 5% (m) F = E x 5%	21,82	9,80	245,00	12,04	278,86
Total de perfil em PVC (m) G = E + F	458,30	205,76	5.144,00	252,92	5.855,22
Área total de fachada (m²) H	8.266,22				
Coeficiente de consumo de perfil de PVC para cantos externos por área total de fachada (m/m²) G / H	0,055	-	0,622	0,031	0,708

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 204– Quantidade total de perfil de PVC com tela de fibra de vidro incorporada para cantos internos e consumo unitário de perfil por área total de fachada

Pavimento	Pavimento térreo I	Pavimento tipo (1x) J	Pavimento tipo (25x) K = J x 25	Cobertura L	Total I + K + L
Quant de cantos internos verticais (un) A	9	24	600	20	629
Altura dos cantos internos verticais (m) B	4,20	2,88	2,88	1,20	-
Total de cantos internos verticais (m) C = A x B	37,80	69,12	1.728,00	24,00	1.789,80
Total de cantos internos no pavimento (m) D = C	37,80	69,12	1.728,00	24,00	1.789,80
Perda adotada de 5% (m) E = D x 5%	1,89	3,46	86,40	1,20	89,49
Total de perfil em PVC (m) F = D + E	39,69	72,58	1.814,50	25,20	1.879,39
Área total de fachada (m²) G	8.266,22				
Coeficiente de consumo de perfil de PVC para cantos internos por área total de fachada (m/m²) F / G	0,005	-	0,220	0,003	0,227

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.5.2 Quantidade de perfis de PVC tipo pingadeira

O Quadro 205 apresenta a quantidade de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo pingadeira para o arremate e proteção da borda inferior das chapas externas da fachada ao nível do pavimento térreo (Figura 131). O perfil é instalado em todo o perímetro da fachada: no fechamento externo do pavimento, no revestimento sobre os pilares de concreto e nos fechamentos de shafts.

Figura 131– Perfis tipo pingadeira para arremate e proteção da borda inferior das chapas externas ao nível do pavimento térreo

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

Quadro 205– Quantidade total de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo pingadeira e consumo unitário dos perfis por área total de fachada da torre residencial

Local	Perímetro (m)	Comprimento de perfil pingadeira (m)	Perda adotada de 5% (m)	Comp total de perfil (m)	Área total de fachada (m²)	Coeficiente de consumo por área total de fachada (m/m²)
		D = A+B+C	E = Dx5%	F = D+E	G	F / G
Fechamento externo do pavimento (m) A	93,93	127,61	6,38	133,99	8.266,22	0,016
Revestimento sobre concreto em pilares (m) B	22,60					
Fechamento estruturado em shafts (m) C	11,08					

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.5.3 Quantidade de perfis de PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo junta de dilatação horizontal

Os perfis de PVC tipo junta de dilatação horizontal serão quantificados de acordo com as recomendações do fabricante Knauf que determina a necessidade de juntas para a fachada, a cada 15 metros, tanto no sentido horizontal como no sentido vertical.

No projeto, teremos somente juntas de dilatação no sentido horizontal do edifício para separação dos pavimentos entre si, dentro da altura máxima recomendada pelo fabricante.

Levando-se em consideração a altura de piso a piso de 4,20 m do pavimento-térreo e de 2,82 m para os pavimentos-tipos, determina-se a necessidade de juntas horizontais em todo o perímetro do pavimento, ao nível dos seguintes pavimentos: 4º, 9º, 14º, 19º e 24º.

Tem-se no projeto, portanto, cinco linhas de junta de dilatação horizontal ao longo da torre residencial.

O Quadro 206 apresenta a quantidade total de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo junta de dilatação horizontal e seu consumo unitário por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 206– Quantidade total de perfis em PVC com tela de fibra de vidro incorporada tipo junta de dilatação horizontal e consumo unitário de perfis por área total de fachada da torre residencial

Pavimento com junta de dilatação	Perímetro (m)	Comprimento de perfil tipo junta de dilatação horizontal (m) A+B+C+D+E “F”	Perda adotada de 5% (m) G= Fx5%	Comp total de perfil (m) H = F+G	Área total de Fachada (m²) I	Coeficiente de consumo por área total de fachada (m/m²) H / I
4º pavimento A	106,04	530,20	26,51	556,71	8.266,22	0,067
9º pavimento B	106,04					
14º pavimento C	106,04					
19º pavimento D	106,04					
24º pavimento E	106,04					

Fonte: Elaborado pelo autor

O projeto do sistema indica a execução da junta de dilatação horizontal no alinhada ao encontro do perfil guia superior com o fundo da laje do pavimento superior (Figura 132). Para enrijecimento da região da junta, indica-se a fixação da chapa externa superior à junta nos perfis tipo CD e elementos de ancoragem direta. Portanto a quantidade de perfis, elementos de ancoragem e elementos de fixação devem ser quantificados e considerados para a composição de custo do sistema.

Figura 132– Detalhe da região da junta de dilatação horizontal do sistema

Fonte: Inovatec (2016)

Os Quadros 207, 208 e 209 apresentam as quantidades de perfis CD, elementos de ancoragem direta e parafusos para enrijecimento da região da junta de dilatação horizontal do sistema, considerando um elemento de ancoragem direta a cada 1,00 m de junta.

Quadro 207– Quantidade total de perfil CD 60x27 mm para a região da junta de dilatação horizontal e consumo de perfil por área total de fachada

Comprimento total de junta horizontal (m)	Total de perfil CD 60x27 mm com perda de 5% (m)	Área total de fachada (m²)	Coefficiente de consumo por área de fachada (m/m²)
530,20	556,71	8.266,22	0,067

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 208– Quantidade total de elementos de ancoragem direta para a região da junta de dilatação horizontal e consumo deste elemento por área total de fachada

Comprimento total de junta horizontal (m)	Total de elemento de ancoragem direta com perda de 5% (un)	Área total de fachada (m²)	Coeficiente de consumo por área de fachada (un/m²)
530,20	556,71	8.266,22	0,067

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 209– Quantidade de elementos de ancoragem direta na região da junta de dilatação horizontal e consumo deste elemento por área total de fachada

Tipo de parafuso	Total de parafusos com perda de 5% (un)	Área total de fachada (m²)	Coeficiente de consumo por área de fachada (un/m²)
Bucha SX 10 com parafuso <i>fixação do elemento de ancoragem direta à superfície de concreto</i>	556,71	8.266,22	0,067
Parafuso autobrocante 4,2x13 mm <i>fixação do perfil CD ao elemento de ancoragem direta</i>	(556,71 x 2) 1.113,42		0,135
Parafuso autobrocante 4,2x25 mm <i>fixação da chapa externa ao perfil CD espaçado a cada 60cm</i>	(530,20 / 0,60) + 5% 927,85		0,112

Fonte: Elaborado pelo autor

V. Quantidade de materiais para a camada isolante da fachada

Para os levantamentos de quantidades e composição dos custos do projeto em estudo, foi adotada a seguinte premissa:

- Colocação de manta de lã de vidro espessura 100mm entre os montantes das estruturas *LSF*

O Quadro 210 apresenta a área total de manta isolante levantada em projeto e o consumo unitário do componente por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 210– Consumo total e unitário de manta isolante por área total de fachada da torre residencial

Componente	Área total de estruturas <i>LSF</i> do térreo e pavimentos-tipos da torre residencial (m²) A	Área total de manta isolante com 10% de perda adotada (m²) B = A+10%	Área total de fachada da torre residencial (m²) C	Coeficiente de consumo unitário de manta isolante por área total de fachada (m²/m²) B / C
Manta isolante 100mm	5.749,73	6.104,70	8.266,22	0,739

Fonte: Elaborado pelo autor

VI. Quantidade de materiais para a camada interna da fachada

Para composição da camada interna da fachada, incluem-se os levantamentos de quantidades das chapas de gesso acartonado internas, fixadas sobre a estrutura *LSF* ou coladas sobre as superfícies de concreto (pilares), bem como, dos materiais para tratamento e acabamento das juntas entre as chapas.

A composição da camada interna da fachada varia de acordo com a superfície a receber as chapas de gesso acartonado e o tipo de ambiente interno dos pavimentos (Quadro 211).

Quadro 211– Composição da camada interna de acordo com a superfície a receber as chapas de gesso acartonado e o tipo de ambiente interno nos pavimentos

Tipo de ambiente interno	Trechos da camada interna interno com estruturas em <i>LSF</i>	Trechos da camada interna com a presença de pilares de concreto
Área interna seca	2 chapas de gesso acartonado RF, espessura 15 mm, instalada sobre a estrutura <i>LSF</i> + látex PVA Composição 1	1 chapa de gesso acartonado tipo RF, espessura 15 mm, colada sobre o concreto + látex PVA Composição 2 1 chapa de gesso acartonado tipo ST, espessura 12,5 mm, colada sobre o concreto + látex PVA Composição 3
Área interna molhada	1 chapa de gesso acartonado RF 15 mm + 1 chapa de gesso acartonado RUF 15 mm, instaladas sobre a estrutura <i>LSF</i> + revestimento cerâmico Composição 4	não há

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 212 apresenta o perímetro interno da camada interna da fachada de cada pavimento, definindo os trechos com estruturas *LSF* e pilares de concreto, distinguindo ainda, os trechos que se encontram em áreas internas secas ou molhadas. Esta divisão no perímetro faz-se necessária para a quantificação correta de cada tipo de chapa de gesso acartonado a ser utilizada, conforme o trecho interno e a composição de camada interna a ser executada.

Quadro 212– Perímetro interno da camada interna dos pavimentos, separado em trechos com estruturas LSF e trechos com pilares de concreto – áreas internas secas e molhadas

Pavimentos	Perímetro total da camada interna do pavimento (m) A+B+C+D	Perímetro interno estrutura LSF em áreas internas secas (m) A	Perímetro interno estrutura LSF em áreas internas molhadas (m) B	Perímetro interno pilares de concreto em áreas internas secas RF (m) C	Perímetro interno pilares de concreto em áreas internas secas ST (m) D
Pavimento térreo	73,04	60,92	-	12,12	-
Pavimento-tipo	97,86	66,98	14,54	1,60	14,74

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.1 Quantidade de chapas de gesso acartonado para a camada interna da fachada

Para se levantar a área de chapas de gesso acartonado necessária para execução da camada interna, em tese, deve-se descontar da área interna total as áreas de esquadrias e aberturas das fachadas.

No entanto, pelos contatos do autor com as empresas especializadas na montagem deste tipo de sistema, constata-se que as dimensões destas esquadrias e vãos devem ser avaliadas, pois, os recortes efetuados nas chapas para definição de aberturas menores geram pedaços pequenos de chapa que não são aproveitáveis na construção das demais paredes ou revestimento, gerando um adicional de perda de material.

Ainda que não seja uma regra estabelecida, definiu-se nesses contatos a premissa de que aberturas com área de até 2 m², não devem ser descontadas, para o cálculo do consumo de chapas de gesso acartonado, sendo que, as demais podem ser descontadas normalmente.

O Quadro 213, traz a área total de esquadrias e aberturas na fachada dos pavimentos com área individual superior a 2 m² e que serão descontadas da área total de camada interna para calcular-se a quantidade de chapas de gesso acartonado para a execução desta camada.

Quadro 213– Área total de esquadrias e aberturas na fachada dos pavimentos com área superior a 2 m²

Pavimentos	Área total de esquadrias e aberturas da fachada em áreas internas molhadas com área superior a 2 m ² (m ²)	Área total de esquadrias e aberturas da fachada em áreas internas secas com área superior a 2 m ² (m ²)
Pavimento térreo	-	95,28
Pavimento-tipo (1x)	-	17,76

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 214 apresenta as áreas totais de cada composição de camada interna para a torre residencial e a área total de chapas de gesso acartonado necessária para sua execução.

Quadro 214– Área total de cada composição de camada interna e área total de chapas de gesso acartonado para a torre residencial

Tipo de área interna	Composição de camada interna	Área total de camada interna pavimento térreo (m ²) A	Área total de camada interna pavimentos tipos (25x) (m ²) B	Desconto de caixilhos e aberturas das fachadas dos pavimentos (m ²) C	Área de cada composição de camada interna (m ²) A + B - C
Seca	2 chapas de gesso acartonado RF, espessura 15 mm, instalada sobre a estrutura LSF Composição 1	60,92 x 4,04 246,12	66,98 x 2,66 x 25 4.454,17	95,28 + 17,76 x 25 539,28	4.161,01
	1 chapa de gesso acartonado tipo RF, espessura 15 mm, colada sobre o concreto Composição 2	12,12 x 4,04 48,96	1,60 x 2,66 x 25 106,40	-	155,36

Continua

Tipo de área interna	Composição de camada interna	Área total de camada interna pavimento térreo (m ²) A	Área total de camada interna pavimentos tipos (25x) (m ²) B	Desconto de caixilhos e aberturas das fachadas dos pavimentos (m ²) C	Conclusão
					Área de cada composição de camada interna (m ²) A + B - C
Seca	1 chapa de gesso acartonado tipo ST, espessura 12,5 mm, colada sobre o concreto Composição 3	-	14,74 x 2,66 x 25 980,21	-	980,21
Molhada	1 chapa de gesso acartonado RF 15 mm + 1 chapa de gesso acartonado RUF 15 mm, instaladas sobre a estrutura LSF Composição 4	-	14,54 x 2,66 x 25 966,91		966,91

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 215 apresenta a área total de cada tipo de chapa de gesso acartonado para a torre residencial, adotando-se uma perda de 5%.

Quadro 215– Quantidade total de chapas de gesso acartonado para a torre residencial

Tipo de chapa	Quantidade na composição 1 A	Quantidade na composição 2 B	Quantidade na composição 3 C	Quantidade na composição 4 D	Área total de chapas com perda adotada de 5% (m ²) (A+B+C+D) +5%
Chapa RF 15 mm	4.161,01 x 2	155,36	-	966,91	9.916,50
Chapa ST 12,5 mm	-	-	980,21	-	1.029,22
Chapa RUF 15 mm	-	-	-	966,91	1.015,26

Fonte: Elaborado pelo autor

O Quadro 216 apresenta o coeficiente de consumo unitário de cada tipo de chapa de gesso acartonado pela área total de fachadas da torre residencial.

Quadro 216– Consumo unitário de chapas de gesso acartonado da camada interna por área total de fachada da torre residencial

Tipo de chapa	Área total de chapas com perda adotada de 5% (m ²) A	Área total de fachada na torre residencial (m ²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (m ² /m ²) A / B
Chapa RF 15 mm	9.916,50	8.266,22	1,200
Chapa ST 12,5 mm	1.029,22		0,125
Chapa RUF 15 mm	1.015,26		0,123

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.2 Quantidade de parafusos para fixação das chapas de gesso acartonado, fita e massa para rejunte e acabamento das juntas entre as chapas

Para estimativa da quantidade total de parafusos para fixação das chapas, massa para colagem das chapas sobre as superfícies de concreto, fita e massa para rejunte e acabamento da camada interna, serão utilizados os consumos médios por área de parede, coletados no “Manual de Instalação – Sistemas Knauf drywall (2016)” da empresa Knauf (Quadro 217).

Quadro 217– Consumos unitários de chapas, parafusos, fita e massa para sistemas de gesso acartonado

Serviço	Consumo unitário por área de parede	
A. Chapa colada sobre concreto Referência: Knauf W611	Unidades	Coeficiente de consumo
Chapa gesso acartonado	m ² /m ²	1,05
Massa para colagem	kg/m ²	2,00
Massa para junta	kg/m ²	0,55
Fita de papel microperfurada	m/m ²	1,50
B. 2 Chapas fixadas em estrutura LSF Referência: Knauf W116 adaptado		
Chapa gesso acartonado	m ² /m ²	2,10
Parafuso TB 45 – 45 mm	un/m ²	7,50
Parafuso TB 50 – 50 mm	un/m ²	19,50
Parafuso LA – 4,2 x 13mm	un/m ²	1,00
Massa para junta	kg/m ²	0,55
Fita de papel microperfurada para juntas	m/m ²	1,50
Fita de papel microperfurada para cantos	m/m ²	0,10

Fonte: Adaptado pelo autor de Knauf (2016)

O Quadro 218 apresenta a quantidade total de parafusos para fixação das chapas, massa para colagem das chapas, fita e massa para rejunte e acabamento da camada interna das fachadas da torre residencial e os consumos unitários por área total de fachada da torre residencial, adotando-se uma perda de 5% sobre as quantidades empíricas informadas no Quadro 217.

Quadro 218– Quantidades totais de parafusos, massa para colagem, fita e massa para rejunte e acabamento das peles internas e consumo unitários dos componentes por área total de fachada da torre residencial

Componente	Coeficiente de consumo unitário do componente por área de tipologia (kg/m ²) (m/m ²) (un/m ²)	Área total de chapa colada na camada interna da fachada na torre residencial (m ²)	Área total de chapa fixada sobre estrutura LSF na camada interna da fachada da torre residencial (m ²)	Quantidade total do componente com perda adotada de 5% (kg)/(m)/(un)	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (m ² /m ²)
	A	B	C	D=Ax(B+C) +5%	D / 8.266,22m²
Massa para colagem (kg)	2,00	1.135,57		2.384,70	0,288
Massa para rejunte (kg)	0,55	1.135,57	5.127,92	3.617,17	0,438
Fita para junta (m)	1,50	1.135,57	5.127,92	9.865,00	1,193
Fita para canto (m)	0,10	1.135,57	5.127,92	657,67	0,080
Parafuso 45 mm (un)	7,50		5.127,92	40.382,37	4,885
Parafuso 50 mm (un)	19,50		5.127,92	104.994,16	12,702
Parafuso 4,2x13 mm (un)	1,00		5.127,92	5.384,32	0,651

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.3 Quantidade de rodapé metálico para a camada interna nas áreas molhadas a receber tratamento impermeabilizante

No que se refere a materiais, o último componente a ser levantado é o rodapé metálico a ser aplicado nas áreas molhadas internas com paredes ou revestimentos de gesso acartonado que receberão tratamento impermeabilizante.

O Quadro 219 traz a quantidade total de rodapé metálico a ser aplicado nas paredes e revestimentos em gesso acartonado nas áreas molhadas internas da torre residencial.

As áreas molhadas estão presentes somente nos pavimentos-tipos da torre residencial (banhos e áreas de serviço dos apartamentos).

Quadro 219– Consumo unitário de rodapé metálico em paredes ou revestimentos de gesso acartonado por área total de fachada da torre residencial

Rodapé metálico em áreas internas molhadas	Total de rodapé metálico com perda adotada de 5% (m) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (m/m²) A / B
Banhos dos pavimentos-tipos (25x)	191,10	8.266,22	0,023
Áreas de serviço dos pavimentos tipos (25x)	171,68		0,021
Total	362,78		0,044

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.4 Quantidade mão de obra empreitada para execução da camada interna da fachada

O Quadro 220 apresenta as quantidades totais de mão de obra empreitada levantadas no projeto por tipologia de camada interna e o consumo unitário por área total de fachada da torre residencial.

Quadro 220– Quantidade total de mão de obra empreitada por composição de camada interna e consumo unitário do serviços por área total de fachada da torre residencial

Componente	Área total (m²) A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (m²/m²) A / B
M.O. empreitada para fixação de chapas internas de gesso acartonado em camada dupla (duas chapas) sobre as estruturas LSF	6.072,70	8.266,22	0,735

Continua

Componente	Área total (m ²)	Área total de fachada na torre residencial (m ²)	Conclusão Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (m ² /m ²)
	A	B	A / B
M.O. empreitada para colagem de chapa interna de gesso acartonado em camada simples (uma chapa) sobre superfícies de concreto	1.135,57	8.266,22	0,137
M.O. empreitada para tratamento e acabamento de juntas entre as chapas internas de gesso acartonado	7.208,27		0,872

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.4 Quantidade de materiais e mão de obra empreitada para execução dos acabamentos em pintura ou em placas cerâmicas na camada interna da fachada

Estas quantidades já foram levantadas no Apêndice C e são as mesmas da tecnologia em alvenarias de vedação e revestimentos aderidos e seguem apresentadas no Quadro 221.

Quadro 221– Quantidades totais de materiais e mão de obra empreitada para execução dos acabamentos na camada interna da fachada e coeficientes de consumo por área total de fachada

Componente	un	Quantidade total do componente na torre residencial A	Área total de fachada na torre residencial (m²) B	Coeficiente de consumo unitário por área total de fachada (un/m²) A / B
Argamassa colante industrializada para assentamento em gesso acartonado (Nota 1)	kg	3.863,75	8.266,22	0,467
Placas cerâmicas 20x30 cm	m²	850,03		0,103
Rejunte cimentício industrializado	kg	386,38		0,047
M.O. empreitada para revestimento interno em placas cerâmicas, inclusive rejuntamento	m²	975,50		0,118
M.O. empreitada para aplicação de látex PVA com massa corrida PVA sobre gesso acartonado (Nota 2)	m²	5.582,16		0,675
1 – Para assentamento das placas cerâmicas sobre gesso acartonado, existem no mercado argamassas colantes específicas para esta finalidade. 2 – As quantidades de pintura com látex PVA do Apêndice C foram somadas para lançamento no presente quadro.				

Fonte: Elaborado pelo autor

VII. Quantidade de selagem corta-fogo entre a fachada e borda das lajes estruturais do edifício para a compartimentação exigida pelo Corpo de Bombeiros

Em consulta às instruções técnicas do Corpo de Bombeiros do estado de São Paulo e reunião com oficial dessa instituição, constatou-se que a selagem corta-fogo deverá ser executada em todos os pavimentos, em todo o perímetro da fachada, inclusive nos trechos com superfícies de concreto, com exceção à região dos terraços dos apartamentos, onde a função de compartimentação vertical é suprida pelas lajes dos terraços (Instrução Técnica 09/2011⁴³).

- O perímetro dos pavimentos, descontando-se a região dos terraços possui uma extensão total de 72,70 m (106,04 m – 33,34 m).
- Tem-se no projeto a selagem corta-fogo no perímetro do 1º ao 25º pavimento da torre residencial.
- A selagem corta-fogo terá as dimensões de 5 cm de base por 16 cm de altura, preenchendo o espaço entre os perfis guias inferior e superior dos pavimentos (Figura 133).

Figura 133– Selagem corta-fogo nos pavimentos

Fonte: Adaptado pelo autor de Inovatec (2016)

⁴³ Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo: Compartimentação horizontal e compartimentação vertical.

O Quadro 222 apresenta a quantidade total de selagem corta-fogo na torre residencial e o coeficiente de consumo por área total de fachada.

Quadro 222– Quantidade total de selagem corta-fogo e consumo unitário por área total de fachada

Perímetro de selagem (m)	Quantidade de pavimentos (un)	Total de selagem corta-fogo (m)	Área total da fachada (m ²)	Coeficiente de consumo unitário por área de fachada (m/m ²)
A	B	C = A x B	D	C / D
72,70	25	1.817,50	8.266,22	0,2199

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE E – CUSTOS PESQUISADOS NO MERCADO DOS MATERIAIS E DE MÃO DE OBRA EMPREITADA PARA COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS PARA PRODUÇÃO DA FACHADA DA TORRE RESIDENCIAL COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL COM ALVENARIAS DE VEDAÇÃO DE REVESTIMENTOS ADERIDOS.

Este apêndice apresenta os preços de materiais e mão de obra empreitada pesquisados no mercado para a composição dos custos da tecnologia tradicional para produção da fachada da torre residencial com alvenarias de vedação e revestimentos aderidos.

Os materiais e mão de obra empreitada pesquisados são aqueles relacionados nos levantamentos de quantidades apresentados no Apêndice C do presente trabalho.

Todos os preços consultados têm como **mês-base: dezembro/2016**.

Os preços foram obtidos através de consulta de preços médios praticados em construtoras do mercado ou consulta direta aos fabricantes, fornecedores dos produtos ou prestadores de serviços.

I – Materiais e mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação

I.1. - Blocos e peças cerâmicas

Quadro 223– Preços unitários de blocos e peças cerâmicas para alvenarias de vedação

Componente	un	Preço unitário (R\$)	Referência
Bloco inteiro vedação 19x19x39 cm	un	2,16	Construtoras em pallets
½ Bloco vedação 19x19x19 cm	un	1,58	Construtoras em pallets
Bloco compensador vedação 9x19x19 cm	un	1,00	Construtoras em pallets
Bloco compensador vedação 4x19x19 cm	un	0,80	Construtoras em pallets
Canaleta inteira vedação 19x19x39 cm	un	2,65	Construtoras em pallets
½ Canaleta vedação 19x19x19 cm	un	1,95	Construtoras em pallets
Bloco inteiro vedação 14x19x39 cm	un	1,75	Construtoras em pallets
½ Bloco vedação 14x19x19 cm	un	1,17	Construtoras em pallets
Bloco compensador vedação 9x14x19 cm	un	0,85	Construtoras em pallets
Bloco ompensador vedação 4x14x19 cm	un	0,55	Construtoras em pallets
Canaleta inteira vedação 14x19x39 cm	un	2,80	Construtoras em pallets

Fonte: Elaborado pelo autor

I.2 - Telas e pinos para amarração das alvenarias

Quadro 224– Preços unitários de telas galvanizadas e pinos de aço para alvenarias de vedação

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Tela soldada galvanizada, malha 15x15mm, arame 1,24 mm – 12,0x50 cm	pç	1,06	Fabricante 1 caixa com 100 pçs
Tela soldada galvanizada, malha 15x15mm, arame 1,24 mm - 17,5x50 cm	pç	1,92	Fabricante 1 caixa com 50 pçs
Pino de aço galvanizado com arruela ¼" x 28mm para fixação à pólvora	un	0,33	Fabricante 2 caixa com 100 pçs

Fonte: Elaborado pelo autor

I.3 - Argamassas cimentícias e graute usinado

Quadro dd – Preços unitários de argamassas cimentícias e graute usinado para alvenarias de vedação

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Argamassa industrializada ensacada colante para chapisco	kg	0,95	Construtoras saco com 25 kg
Graute usinado FgK 15 Mpa, brita 0, slump 9+/-1 cm	m³	235,24	Fornecedor 1 em betoneira
Argamassa industrializada ensacada para assentamento de alvenaria de vedação	kg	0,21	Construtoras saco com 50 kg
Argamassa industrializada ensacada expansora para fixação de alvenaria de vedação	kg	0,84	Fabricante 3 saco com 25 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

I.4 - Mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação

Quadro 225– Preços unitários de mão de obra empreitada para execução das alvenarias de vedação

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para execução das alvenarias de vedação espessura 14 cm, incluindo: marcação, elevação, colocação de telas e pinos, montagem/demontagem/movimentação de andaimes, aplicação de grout em contravergas e fixação das alvenarias	m²	32,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para execução das alvenarias de vedação espessura 19 cm, incluindo: marcação, elevação, colocação de telas e pinos, montagem/demontagem/movimentação de andaimes, aplicação de grout em contravergas e fixação das alvenarias	m²	32,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

II – Materiais e mão de obra empreitada execução dos revestimentos e acabamentos externos da fachada

II.1 - Cimento, areia e adesivo para argamassas

Quadro 226– Preços unitários de cimento, areia e adesivo base PVA para o chapisco externo da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Cimento CPII-E-32	kg	0,35	Construtoras saco com 50 kg
Areia média lavada	m³	105,00	Construtoras a granel
Adesivo base PVA Pulvitec Chapisco XA 160	kg	7,49	Fabricante 4 barrica com 50kg

Fonte: Elaborado pelo autor

II.2 - Argamassas cimentícias

Quadro 227– Preços unitários de argamassas cimenticias para os revestimentos externos da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Argamassa industrializada ensacada colante para chapisco	kg	0,95	Construtoras saco com 25 kg
Argamassa industrializada ensacada para revestimento externo	kg	0,21	Construtoras saco com 50 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

II.3 - Tela de reforço e impermeabilizante para frisos da fachada

Quadro 228– Preços unitários de tela de reforço e impermeabilizante de frisos para os revestimentos externos da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Tela de fibra de vidro malha 10x10 mm	m²	6,34	Fabricante 5 rolo 1,00x50,0 m
Impermeabilizante para tratamento de frisos Baucryl Vedafriso	kg	21,00	Fabricante 6 balde 12 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

II.4 - Mão de obra empreitada para execução dos revestimentos e acabamentos externos na fachada

Quadro 229– Preços unitários de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos e acabamentos externos na fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para limpeza, escovação mecânica com lixadeira, encunhamento e lavagem com hidrojato - panos	m²	7,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para limpeza, escovação mecânica com lixadeira, encunhamento e lavagem com hidrojato - faixas	m	3,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chapisco externo sobre alvenarias - panos	m²	17,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chapisco externo sobre concreto - panos	m²	17,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chapisco externo sobre alvenarias – faixas até 50 cm	m	5,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chapisco externo sobre concreto – faixas até 50 cm	m	5,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para massa externa em alvenarias/concreto - panos	m²	41,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para massa externa em alvenarias/concreto – faixas até 50 cm	m	20,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para colocação de telas entre as alvenarias e a estrutura	m	8,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para execução de frisos em fachadas	m	19,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para tratamento de frisos em fachadas	m	12,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chumbamento e arremate de contramarcos em alumínio	m²	10,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada - panos	m²	17,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – faixas até 50 cm	m	8,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – requadrações nos vãos	m	8,50	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

III – Esquadrias de alumínio e vidros da fachada

III.1 - Esquadrias de alumínio e vidros

Quadro 230– Preços unitários de esquadrias de alumínio e vidros da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Portas em alumínio para receber vidro, linha Gold Alcoa, pintura eletrostática branca	m²	530,00	Construtoras sob encomenda
Janelas simples em alumínio para receber vidro, linha Gold Alcoa, pintura eletrostática branca	m²	430,00	Construtoras sob encomenda

Continua

Conclusão

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Janelas 3 folhas de correr tipo dormitório, linha Gold Alcoa, pintura eletrostática branca	m²	580,00	Construtoras sob encomenda
Vidro fantasia mini boreal 4 mm	m²	32,00	Construtoras sob medida
Vidro liso comum 6 mm	m²	42,00	Construtoras sob medida
Vidro laminado comum 6 mm	m²	81,00	Construtoras sob medida

Fonte: Elaborado pelo autor

IV – Materiais e mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos das alvenarias das fachadas

IV.1 - Cimento, areia e adesivo para argamassas

Quadro 231– Preços unitários de cimento, areia e adesivo para argamassas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Cimento CPII-E-32	kg	0,35	Construtoras saco com 50 kg
Areia média lavada	m³	105,00	Construtoras a granel
Areia fina lavada	m³	115,00	Construtoras a granel
Adesivo para argamassa Bianco	kg	9,44	Distribuidor 1 balde 18 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.2 - Argamassas cimentícias

Quadro 232– Preços unitários de argamassas cimentícias para revestimentos internos

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Argamassa industrializada ensacada colante para chapisco	kg	0,95	Construtoras saco com 25 kg
Argamassa industrializada ensacada colante para assentamento tipo AC I	kg	0,27	Construtoras saco com 25 kg
Argamassa industrializada ensacada para revestimento interno	kg	0,21	Construtoras saco com 50 kg
Rejunte cimentício industrializado	kg	4,38	Distribuidor 2 saco com 5 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.3 - Mão de obra empreitada para execução das revestimentos internos em argamassa e assentamento de placas cerâmicas

Quadro 233– Preços unitários de mão de obra empreitada para execução dos revestimentos internos

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para chapisco interno sobre alvenarias - panos	m ²	5,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chapisco interno sobre concreto - panos	m ²	5,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para chapisco aplicado a rolo sobre alvenarias - panos	m ²	3,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para massa interna 2,0 cm - panos	m ²	26,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para assentamento de placas cerâmicas, incluindo rejuntamento	m ²	29,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.4 - Empreitada para execução das revestimentos internos em pasta de gesso com fornecimento de materiais e mão de obra

Quadro 234– Preço unitário de empreitada para execução dos revestimentos internos em pasta de gesso com fornecimento de materiais e mão de obra

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Empreitada para revestimento interno em pastas de gesso sarrafeada nivelada – materiais e mão de obra	m ²	23,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.5 – Placas cerâmicas para revestimento interno em áreas molhadas

Quadro 235– Preço unitário de placas cerâmicas para revestimento interno

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Placa cerâmica para revestimento interno 20x30 cm	m ²	20,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

IV.6 – Empreitada para pinturas sobre as superfícies verticais internas da fachada

Quadro 236– Preço unitário de empreitada para pinturas sobre as superfícies verticais internas da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Empreitada para aplicação de látex PVA com retoques de massa corrida PVA sobre gesso	m ²	11,50	Construtoras contratações
Empreitada para aplicação de látex PVA com massa corrida PVA sobre massa	m ²	15,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

V – Relação das empresas participantes da pesquisa dos preços apresentados neste apêndice em ordem alfabética

Âncora Sistemas de Fixação
 Bautech Ltda.
 Brasil Glass Vidros Planos Ltda.
 Brookfield Incorporações S.A.
 Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A.
 Conceito FJ Construções
 Construtora Estrateg
 Copafer Comercial Ltda.
 Cosbiem Vidros e Caixilhos
 Empreiteira Revestec
 Grupo Perame Telas e Arames
 Itetal Esquadrias de Alumínio
 J. Gianini Esquadrias de Alumínio
 Jmar Esquadrias de Alumínio
 Nova Lebani Ind. e Com. Ltda.
 Opção Mix Concreto
 OR Realizações Imobiliárias
 PA Engenharia
 PKO do Brasil
 Porte Construtora
 Pulvitec do Brasil Ind. e Com. de Colas e Adesivos Ltda.
 Quimicryl S/A
 Sugoí Construtora e Incorporadora Ltda.
 Teciam Telas e Tecidos Metálicos Ltda.
 Terra de Santa Cruz Vidros
 Toledo Ferrari Construtora e Incorporadora Ltda.
 Vitacon Construtora e Incorporadora

APÊNDICE F – CUSTOS PESQUISADOS NO MERCADO DOS MATERIAIS E DE MÃO DE OBRA EMPREITADA PARA COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DA FACHADA DA TORRE RESIDENCIAL EM ESTUDO EXECUTADA COM A TECNOLOGIA DE CHAPAS DELGADAS ESTRUTURADAS EM *LIGHT STEEL FRAMING (LSF)*

Este apêndice apresenta os preços de materiais e mão de obra empreitada consultados no mercado para a composição dos custos da fachada da torre residencial em estudo executada com a tecnologia em chapas delgadas estruturadas em *Light Steel Framing (LSF)*.

Os materiais e mão de obra empreitada em referência são aqueles relacionados nos levantamentos de quantidades apresentados no Apêndice D do presente trabalho.

Todos os preços consultados têm como **mês-base: dezembro/2016**.

Foram obtidos através de consulta de preços praticados por empresas montadoras do sistema de fachada em estudo ou consulta direta aos fabricantes ou distribuidores dos componentes e serviços relacionados à tecnologia em questão.

I - Materiais para execução da camada de estruturação - estruturas em *Light Steel Framing* e perfis metálicos fixados sobre as superfícies de concreto das fachadas

I.1 - Perfis metálicos, elemento de ancoragem direta e tubo de aço carbono

Quadro 237– Preços unitários dos perfis e peças complementares para a camada de estruturação da fachada

Componente	un	Preço unitário (R\$)	Referência
Guia LSF 90x40x0,95 mm espessura da chapa 0,95 mm	m	7,46	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Montante estrutural LSF 90x40x0,95 mm espessura da chapa 0,95 mm	m	7,79	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Guia LSF 140x40x0,95 mm espessura da chapa 0,95 mm	m	9,60	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Montante estrutural LSF 140x40x0,95 mm espessura da chapa 0,95 mm	m	9,88	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Guia LSF 200x40x0,95 mm espessura da chapa 0,95 mm	m	12,16	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Montante estrutural LSF 200x40x0,95 mm espessura da chapa 0,95 mm	m	12,64	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Perfil CD 60x27x0,50 mm espessura da chapa 0,50 mm	m	5,70	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Elemento de ancoragem direta	un	1,62	Montador 1 pacote com 10 pcs
Perfil U 20x30x0,50 mm espessura da chapa 0,50 mm	m	1,71	Fabricante 1 barra com 3,00 m
Tubo aço carbono 100x40x1,5 mm espessura da chapa 1,5 mm estrutura auxiliar montada e instalada	m	82,60	Serralheiro incluso montagem e instalação

Fonte: Elaborado pelo autor

I.2 - Parafuso para fixação dos perfis guias e montantes e elementos de ancoragem direta sobre os elementos estruturais em concreto armado

Quadro 238– Preços unitários de parafusos com buchas para fixação dos perfis metálicos e elementos de ancoragem sobre as superfícies de concreto

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Bucha de nylon SX10 com parafuso cabeça chata, chave philips 6,1 x 65 mm Fischer	un	0,77	Distribuidor 1 caixa com 300 pçs

Fonte: Elaborado pelo autor

I.3 - Banda acústica para perfis guias e montantes

Quadro 239– Preço unitário da banda acústica para perfis guias e montantes

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Banda acústica em polietileno expandido largura 90 mm	m	2,05	Distribuidor 2 rolo com 10,0 m

Fonte: Elaborado pelo autor

I.4 - Parafuso para a união dos perfis guias e montantes das estruturas LSF e fixação dos perfis CD nos elementos de ancoragem direta

Quadro 240– Preços unitário dos parafusos para união dos perfis guias e montantes das estruturas LSF e fixação dos perfis CD nos elementos de ancoragem direta

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Parafuso autobrocante metal-metal, cabeça escareada, chave philips, ponta broca, 4,2x13 mm	un	0,06	Montador 2 caixa com 100 un

Fonte: Elaborado pelo autor

II - Materiais para execução da camada impermeável - membrana impermeável fixada sobre as estruturas metálicas das fachadas

II.1 - Membrana impermeável e fita adesiva para vedação das juntas entre as membranas

Quadro 241– Preço unitário da membrana impermeável

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Membrana impermeável Tyvek HomeWrap Dupont	m ²	10,00	Distribuidor 3 rolo com 30,0 m
Fita adesiva Tyvek Tape Dupont	m	0,50	Distribuidor 4 rolo com 50,0 m

Fonte: Elaborado pelo autor

II.2 - Parafuso para a fixação da membrana impermeável sobre as estruturas metálicas

Quadro 242– Preços unitários de argamassas cimentícias para revestimentos externos em fachadas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Parafuso autobrocante metal-metal, cabeça escareada, chave philips, ponta broca, 4,2x13 mm	un	0,06	Montador 2 caixa com 100 un

Fonte: Elaborado pelo autor

III - Materiais para execução da camada externa

III.1 - Chapas externas

Quadro 243– Preços unitários de chapas externas para fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Placa cimentícia impermeabilizada Brasilit 12 mm cimento reforçado com fibras sintéticas (CRFS)	m ²	34,14	Fornecedor 1 1,20x2,40 m
Placa ProFort ds PlacLux 12,5 mm núcleo em liga cimentícia revestido em malha de fibra de vidro em ambas as faces	m ²	49,40	Fornecedor 2 1,20x2,40 m
Durock Next Gen USG 12,7 mm núcleo em cimento Portland revestido por malha de fibra de vidro polimerizada em ambas as faces	m ²	45,13	Fornecedor 3 1,20x2,40 m
Glass Rey 12,7 mm núcleo em gesso incombustível revestido por malha de fibra de vidro em ambas as faces	m ²	37,62	Montador 2 1,22 x 2,44 m
Aquapanel Outdoor Knauf 12,5 mm núcleo em agregados leves e cimento Portland revestido por malha de fibra de vidro com tratamento anti álcalis em ambas as faces	m ²	30,56	Montador 2 1,20 x 2,40 m

Fonte: Elaborado pelo autor

III.2 - Parafusos para fixação das chapas externas sobre as estruturas metálicas

Quadro 244– Preço unitário dos parafusos para fixação das chapas externas sobre as estruturas metálicas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Parafuso autobrocante metal-chapa cimentícia, cabeça chata, chave philips, ponta broca, 4,2x25 mm	un	0,16	Montador 2 caixa com 100 un
Parafuso autobrocante com asas, cabeça chata, chave philips, ponta broca 4,2x32 mm Sistema Brasilit	un	0,12	Fornecedor 1 caixa com 500 un

Fonte: Elaborado pelo autor

III.3 - Fitas para tratamento das juntas entre as chapas externas

Quadro 245– Preços unitários das fitas para tratamento de juntas entre as chapas externas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Tela de fibra de vidro Fibro Tape 5 cm	m	0,69	Fornecedor 1 rolo com 46,0 m
Tela de fibra de vidro Fibro Tape 10 cm Sistema Brasilit	m	0,97	
Fita de junta ProFort B.C. System Sistema PlacLux	m	0,58	Fornecedor 2 rolo com 50,0 m
Fita Durock Exterior Tape USG 10 cm Sistema USG	m	0,66	Fornecedor 3 rolo com 45,72 m
Fita de fibra de vidro Fiba Tape 7,5 cm Sistema Rey	m	-	não disponível ainda no mercado
Fita para tratamento de juntas Aquapanel 20 cm Sistema Knauf	m	1,73	Montador 2 rolo com 150,0 m

Fonte: Elaborado pelo autor

III.4 - Massas e cordão delimitador para tratamento das juntas

Quadro 246– Preços unitários das massas e cordão delimitador para tratamento de juntas entre as chapas externas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Primer para tratamento de juntas Brasilit	kg	9,64	Fornecedor 1 balde de 5/15 kg (primer/massas) rolo com 100,0 m (cordão)
Massa para tratamento de juntas Brasilit	kg	17,60	
Massa para acabamento de juntas Brasilit	kg	16,10	
Cordão delimitador de junta Sistema Brasilit	m	0,14	

Continua

Conclusão

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Massa ProFort Basecoat System Sistema PlacLux	kg	3,62	Fornecedor 2 caixa com 20 kg
Massa USG Exterior Basecoat Sistema USG	kg	5,07	Fornecedor 3 saco com 22,7 kg
Massa Base Protekto Plus Rey Sistema Rey	kg	-	não disponível ainda no mercado
Massa cinza para tratamento de juntas Aquapanel Sistema Knauf	kg	7,10	Montador 2 saco com 25 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

III.5 - Malhas de reforço superficial

Quadro 247– Preços unitários das malhas de reforço superficial

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Malha de reforço superficial Sistema Brasilit	m ²	-	Esta malha não é indicada no sistema Brasilit
Tela de fibra de vidro ProFort B.C. System Sistema PlacLux	m ²	5,00	Fornecedor 2 rolo 1,00 x 50,0 m
Malha superficial em fibra de vidro USG Sistema USG	m ²	7,06	Fornecedor 3 rolo 0,96 x 45,72 m
Malha de fibra de vidro 97 cm Sistema Rey	m ²	-	Não disponível ainda no mercado
Malha superficial Aquapanel Sistema Knauf	m ²	12,64	Montador 2 rolo 1,20 x 30,0 m

Fonte: Elaborado pelo autor

III.6 - Massas para acabamento superficial

Quadro 248– Preços unitários das massas para acabamento superficial

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Massa para regularização e acabamento Sistema Brasilit	m ²	-	Esta massa não é indicada no sistema Brasilit
Massa ProFort Basecoat System Sistema PlacLux	kg	3,62	Fornecedor 2 caixa com 20 kg
Massa USG Exterior Basecoat Sistema USG	kg	5,07	Fornecedor 3 saco com 22,7 kg
Massa Base Protekto Plus Rey Sistema Rey	kg	-	não disponível ainda no mercado
Massa superficial Aquapanel Basecoat Sistema Knauf	kg	6,07	Montador 2 saco com 45 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

III.7 - Perfis de PVC com malha de fibra de vidro incorporada para juntas de dilatação, pingadeira e proteção de cantos

Quadro 249– Preços unitários dos perfis de PVC com tela de fibra de vidro incorporada para juntas de dilatação, pingadeira e proteção de cantos

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Perfis de PVC para junta de dilatação horizontal conjunto dos 4 perfis para formar a junta Sistema Knauf	m	25,28	Montador 2 barra com 2,50 m
Perfis de PVC para pingadeira conjunto dos 2 perfis para formar a pingadeira Sistema Knauf	m	11,42	Montador 2 barra com 2,00 m
Perfil de PVC para proteção de canto a 90º 1 perfil Sistema Knauf	m	8,80	Montador 2 barra com 2,50 m
Perfis de PVC para junta de dilatação horizontal em desenvolvimento Sistema PlacLux	m	-	Produto em desenvolvimento pelo fabricante
Perfil de PVC para pingadeira perfil único Sistema PlacLux	m	11,73	Fornecedor 2 barra com 2,50 m
Perfil de PVC para proteção de canto a 90º perfil único Sistema PlacLux	m	9,42	Fornecedor 2 barra com 2,50 m
Perfis de PVC para junta de dilatação horizontal conjunto dos 4 perfis para formar a junta Sistema USG	m	18,33	Fornecedor 3 barra com 3,00 m
Perfis de PVC para pingadeira conjunto dos 2 perfis para formar a pingadeira Sistema USG	m	7,33	Fornecedor 3 barra com 3,00 m
Perfil de PVC para proteção de canto a 90º não utilizado Sistema USG	m	-	Perfil não utilizado no sistema do fabricante

Fonte: Elaborado pelo autor

IV - Materiais para a camada de isolamento

IV.1 - Manta isolante

Quadro 250– Preço unitário da manta isolante

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Wallfelt feltro de lã de vidro Isover Pop sem revestimento espessura 100 mm	m²	2,22	Distribuidor 5 rolo de 1,20 x 7,5 m

Fonte: Elaborado pelo autor

V - Materiais para a camada interna

V.1 - Chapas de gesso acartonado

Quadro 251– Preços unitários de chapas de gesso acartonado

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Chapa de gesso acartonado RF - resistente ao fogo -15 mm	m²	20,14	Distribuidor 6 1,20 x 2,40 m
Chapa de gesso acartonado ST – standard – 12,5 mm	m²	8,68	Distribuidor 6 1,20 x 2,40 m
Chapa de gesso acartonado RUF – resistente a umidade – 15 mm	m²	15,63	Fornecedor 4 1,20 x 2,40 m

Fonte: Elaborado pelo autor

V.2 - Parafusos para fixação das chapas de gesso acartonado nas estruturas metálicas

Quadro 252– Preços unitários dos parafusos para fixação das chapas de gesso acartonado

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Parafuso ponta agulha acabamento fosfatizado chave philips 3,5x45 mm	un	0,05	Distribuidor 7 caixa com 100 un
Parafuso ponta agulha acabamento fosfatizado, chave philips, 3,5x50 mm	un	0,06	Distribuidor 7 caixa com 100 un
Parafuso ponta agulha acabamento fosfatizado, chave philips, ponta agulha, 4,2x13 mm	un	0,04	Distribuidor 7 caixa com 100 un

Fonte: Elaborado pelo autor

V.3 - Fita, massa para colagem de chapas de gesso acartonado sobre alvenarias e concreto e massa para tratamento e acabamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado e dos cantos vivos internos

Quadro 253– Preços unitários de fitas de papel perfurado, massa para colagem de chapas de gesso acartonado e massa para tratamento e acabamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado e dos cantos vivos internos

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Fita de papel microperfurada 50 mm para tratamento de juntas	m	0,14	Distribuidor 8 rolo com 90 m

Continua

Conclusão

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Fita de papel microperfurada com tiras de reforço 50 mm para tratamento de cantos	m	0,18	Distribuidor 8 rolo com 30 m
Massa para colagem das chapas de gesso acartonado	kg	1,70	Distribuidor 9 balde com 28 kg
Massa para rejunte entre as chapas de gesso acartonado	kg	1,70	Distribuidor 9 balde com 30 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

V.4 - Rodapé metálico para gesso acartonado em áreas molhadas internas a receber impermeabilização

Quadro 254– Preço unitário do rodapé metálico para gesso acartonado em áreas molhadas internas a receber impermeabilização

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Rodapé metálico para impermeabilização altura 12 cm	m	16,20	Distribuidor 10 barra com 3,00 m

Fonte: Elaborado pelo autor

VI – Mão de obra empreitada para execução das camadas da fachada

VI.1 – Camada de estruturação

Quadro 255– Preço unitário de mão de obra empreitada para montagem das estruturas LSF e estruturas fixadas sobre concreto por área total de estrutura executada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para montagem de estrutura LSF ou estrutura fixada sobre as superfícies de concreto	m²	36,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.2 – Camada impermeável

Quadro 256– Preço unitário de mão de obra empreitada para fixação da membrana impermeável sobre as estruturas metálicas por área total de estrutura executada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para fixação da membrana impermeável sobre as estruturas metálicas LSF ou estruturas metálicas sobre as superfícies de concreto	m²	3,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.3 – Camada externa

Quadro 257– Preço unitário de mão de obra empreitada para fixação das chapas externas, tratamento das juntas entre as chapas, colocação dos perfis de PVC e aplicação e acabamento da camada de massa sobre as chapas externas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para fixação das chapas externas sobre as estruturas metálicas LSF ou estruturas metálicas sobre as superfícies de concreto	m²	45,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada
M.O. empreitada para tratamento das juntas entre as chapas externas	m²	14,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada
M.O. empreitada para colocação da malha superficial, perfis em PVC de canto e tipo pingadeira, aplicação e acabamento da camada final de massa (basecoat)	m²	40,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada
M.O. empreitada para colocação do perfil de PVC tipo junta de dilatação horizontal	m	25,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.4 – Camada de isolamento

Quadro 258– Preço unitário de mão de obra empreitada para colocação da manta isolante entre os montantes das estruturas LSF por área total de estrutura LSF executada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para colocação da manta isolante entre os montantes das estruturas LSF das fachadas	m²	4,50	Montador 1/2/3 mão de obra especializada

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.5 – Camada interna

Quadro 259– Preço unitário de mão de obra empreitada para fixação das chapas internas sobre as estruturas metálicas, colagem das chapas internas sobre superfícies de concreto e tratamento e acabamento das juntas entre as chapas internas

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para fixação de chapas internas de gesso acartonado em camada dupla (duas chapas) sobre as estruturas LSF	m²	22,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada
M.O. empreitada para colagem de chapa interna de gesso acartonado em camada simples (uma chapa) sobre superfícies de concreto	m²	15,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada
M.O. empreitada para tratamento e acabamento de juntas entre as chapas internas de gesso acartonado	m²	3,00	Montador 1/2/3 mão de obra especializada

Fonte: Elaborado pelo autor

VI - Materiais e mão de obra empreitada para serviços complementares e aplicação dos acabamentos na camada externa da fachada

VI.1 - Esquadrias de alumínio e vidros

Quadro 260– Preços unitários de esquadrias de alumínio e vidros da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Portas em alumínio para receber vidro, linha Gold Alcoa, pintura eletrostática branca	m ²	530,00	Construtoras sob encomenda
Janelas simples em alumínio para receber vidro, linha Gold Alcoa, pintura eletrostática branca	m ²	430,00	Construtoras sob encomenda
Janelas 3 folhas de correr tipo dormitório, linha Gold Alcoa, pintura eletrostática branca	m ²	580,00	Construtoras sob encomenda
Vidro fantasia mini boreal 4 mm	m ²	32,00	Construtoras sob medida
Vidro liso comum 6 mm	m ²	42,00	Construtoras sob medida
Vidro laminado comum 6 mm	m ²	81,00	Construtoras sob medida

Fonte: Elaborado pelo autor

VI.2 – Serviços complementares e aplicação dos acabamentos na camada externa da fachada

Quadro 261– Preços unitários mão de obra empreitada para execução de serviços complementares e acabamentos externos na camada externa da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
M.O. empreitada para colocação e vedação de contramarcos em alumínio	m ²	12,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica na fachada - panos	m ²	17,00	Construtoras contratações
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – faixas até 50 cm	m	8,50	Construtoras contratações
M.O. empreitada para aplicação de textura acrílica – requadrações nos vãos	m	8,50	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

VII - Materiais e mão de obra empreitada para aplicação dos acabamentos e pintura na camada interna da fachada

VII.1 – Materiais e mão de obra empreitada para aplicação dos revestimentos cerâmicos na camada interna da fachada

Quadro 262– Preços unitários de materiais e mão de obra empreitada para aplicação dos revestimento cerâmicos na camada interna da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Placa cerâmica para revestimento interno 20x30 cm	m ²	20,00	Construtoras contratações
Argamassa industrializada ensacada colante para assentamento em gesso acartonado AC II	kg	0,31	Construtoras saco com 25 kg
Rejunte cimentício industrializado	kg	4,38	Distribuidor 2 saco com 5 kg
M.O. empreitada para revestimento interno em placas cerâmicas, inclusive rejuntamento	m ²	29,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

VII.2 – Empreitada para aplicação de pintura na camada interna da fachada

Quadro 263– Preços unitários de empreitada para aplicação de pintura na camada interna da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Empreitada para aplicação de látex PVA com massa corrida PVA sobre gesso acartonado	m ²	15,00	Construtoras contratações

Fonte: Elaborado pelo autor

VII – Serviço de selagem corta-fogo com fornecimento de materiais e mão de obra fachada

Quadro 264– Preço unitário de serviço de selagem corta-fogo da fachada

Componente	un	Preço unitário consultado (R\$)	Referência
Serviço de selagem corta-fogo dimensões 5x16 cm com fornecimento de material e mão de obra	m	19,00	Empresas especializadas

Fonte: Elaborado pelo autor

VIII – Relação das empresas participantes da pesquisa dos preços apresentados neste apêndice em ordem alfabética

Alge Indústria Metalúrgica Ltda.
 ALLDRYWAL Ltda.
 Ananda Metais
 Âncora Sistemas de Fixação
 Artesana Divisórias e Forros Ltda.
 Brasil Glass Vidros Planos Ltda.
 Brookfield Incorporações S.A.
 Ciser Parafusos e Porcas

Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A.
Conceito FJ Construções
Construtora Estrateg
Cosbiem Vidros e Caixilhos
Diathermica Produtos e Serviços Térmicos
Fischer Brasil Indústria e Comércio Ltda.
Gesso Tweed
Grupo Flasan
Guarutherm Comercial e Engenharia
Gypsul Materiais de Acabamentos e Instalações Ltda.
Idea Sistemas Construtivos Ltda.
Itetal Esquadrias de Alumínio
J. Gianini Esquadrias de Alumínio
Jmar Esquadrias de Alumínio
Knauf do Brasil Ltda.
Loja do Montador Distribuição de Gesso Ltda.
Madeiramadeira Ltda.
Multiplac Mplac Comércio de Produtos Arquitetônicos Ltda.
Nova Lebani Ind. e Com. Ltda.
OR Realizações Imobiliárias
PlacLux Indústria de Materiais de Construção a Seco Ltda.
Porte Construtora
Refrasol Engenharia de Proteção Contra Fogo
Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção Ltda.
Sugoi Construtora e Incorporadora Ltda.
Terra de Santa Cruz Vidros
Toledo Ferrari Construtora e Incorporadora Ltda.
USG Brasil
Vitacon Construtora e Incorporadora

APÊNDICE G – ÍNDICES ESTRUTURAIS DAS SOLUÇÕES ESTUDADAS PARA A TORRE RESIDENCIAL: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO RETICULADA CONVENCIONAL COM LAJES COM VIGAS DE BORDA E ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO COM LAJES PLANAS PROTENDIDAS SEM VIGA DE BORDA

A Figura 134 ilustra a solução estrutural convencional executada no empreendimento.

A Figura 135 ilustra a solução com lajes planas protendidas com base no estudo da empresa MD Engenheiros Associados.

Figura 134– Solução estrutural convencional com lajes com vigas de borda para o pavimento-tipo

Fonte: SRTC Engenharia e Projetos (2008)

Figura 135– Solução estrutural com lajes planas protendidas sem vigas de borda para o pavimento-tipo

Fonte: MD Engenheiros Associados (2009)

Além da apresentação da planta baixa do pavimento-tipo, o estudo preliminar elaborado pela MD Engenheiros Associados determinou os índices estruturais da solução em lajes protendidas sem vigas de borda aplicáveis ao pavimento, indicados no Quadro 265.

O sistema de protensão indicado pelo projetista é do tipo não aderente com cordoalha de 7 fios engraxada e plastificada CP-190 RB 12,7⁴⁴

⁴⁴ CP-190 RB 12,7 de 7 fios engraxada e plastificada, pela nomenclatura da norma ABNT NBR 7483:2008: CP (cordoalha para concreto protendido), 190 (limite mínimo de resistência à tração em kgf/m²), RB (relaxação baixa), 12,7 (cordoalha formada por 7 fios com diâmetro de 12,7 mm), com camada de graxa e revestidas em PEAD (polietileno de alta densidade)

Quadro 265- Área total estruturada e consumos de materiais e serviços para o pavimento-tipo na solução com lajes planas protendidas sem vigas de borda

Peça estrutural	Área de fôrmas (m ²)	Volume de concreto (m ³)
Pilares	298,21	29,13
Vigas	59,16	4,45
Lajes	375,79	59,88
Totais	733,16	93,46
FCK do concreto a ser utilizado		30,0 MPa
Área total estruturada do pavimento		375,79 m²
Consumo médio de aço CA-50/CA-60		15,5 kg/m ² estruturado
Consumo médio de cordoalha CP-190 RB 12,7		4,5 kg/m ² estruturado

Fonte: MD Engenheiros Associados (2009)

O Quadro 266 traz os consumos de materiais e serviços para execução do pavimento-tipo, bem como, os índices estruturais médios deste pavimento.

Quadro 266– Consumos de materiais e serviços e índices estruturais médios do pavimento-tipo na solução com lajes planas protendidas sem vigas de borda

Peça estrutural	Área de fôrmas (m ²)	Volume de concreto (m ³)	Aço CA-50/CA-60 (kg)	Cordoalha CP-190RB 12,7 (kg)
Pilares	298,21	29,13	18,5 kg/m ² estruturado	4,5 kg/m ² estruturado
Vigas	59,16	4,45		
Lajes	375,79	59,88		
Totais	733,16	93,46	6.952,11	1.692,00
Espessura média de concreto do pavimento-tipo por área estruturada				0,25 m/m ²
Índice de fôrmas do pavimento-tipo por volume total de concreto				7,84 m ² /m ³
Índice de fôrmas do pavimento-tipo por área total estruturada				1,95 m ² /m ²
Taxa de armação com aço CA-50/CA-60 por volume total de concreto				74,39 kg/m ³
Taxa de armação com cordoalha CP-190RB 12,7 por volume total concreto				18,10 kg/m ³

Fonte: MD Engenheiros Associados (2009)

Como o estudo desta solução estrutural foi elaborado apenas para o pavimento-tipo da torre residencial, para estimar-se as quantidades totais de materiais e serviços necessários para execução total da estrutura em concreto armado, os índices obtidos para este pavimento serão aplicados à área total estruturada da torre residencial apresentada no Quadro 267, compreendendo: vinte e cinco pavimentos-tipos e a laje de cobertura do 25º pavimento-tipo.

Quadro 267- Área total estruturada da torre residencial

Peça estrutural	Área estruturada (m ²)	Área estruturada total (m ³)
Pavimento-tipo (1x)	375,79	-
Pavimentos-tipos (25x)	9.394,75	9.394,75
Laje de cobertura	375,79	375,79
Totais		9.770,54

Fonte: Elaborado pelo autor

Acima da laje de cobertura do 25º pavimento-tipo, temos na torre residencial, as seguintes lajes estruturais: nível dos reservatórios superiores, nível da casa de máquinas e nível da laje de cobertura da casa de máquinas.

Estas lajes serão executadas em estrutura de concreto armado convencional em ambas as soluções estruturais em condições equivalentes, portanto, não serão objeto de avaliação para se apurar os diferenciais qualitativos na execução da estrutura.

O Quadro 268 apresenta as quantidades totais de materiais e serviços para execução da torre residencial, considerando-se os vinte e cinco pavimentos-tipos e a laje do pavimento cobertura.

Quadro 268– Quantidade total de materiais e serviços para execução da estrutura da torre residencial com lajes planas protendidas sem vigas de borba

Componentes	un	Consumo unitário por área total estruturada (un/m ²)	Área total estruturada da torre residencial (m ²)	Total de materiais e serviços para execução da torre residencial
Fôrmas	m ²	1,95	9.770,54	19.052,55
Aço CA-50/CA-60	kg	18,5		180.755,00
Cordoalha CP-190 RB 12,7	kg	4,5		43.967,43
Concreto FCK 30 MPa	m ³	0,25		2.442,64

Fonte: Elaborado pelo autor

Para que se estabeleça um comparativo qualitativo entre as duas soluções estruturais, é necessário levantar as quantidades de fôrmas, armação e concreto verificadas na solução com estrutura reticulada convencional com lajes com vigas de borda executada no empreendimento em estudo.

Os Quadros 269 e 270 apresentam as áreas estruturadas e os consumos de materiais, informados pelo projetista no projeto estrutural para o pavimento-tipo e para a laje de cobertura do 25º pavimento-tipo da torre residencial, respectivamente.

Quadro 269- Área estruturada e consumos de materiais e serviços para o pavimento-tipo na solução convencional com lajes com vigas de borda

Peça estrutural	Área de fôrmas (m ²)	Volume de concreto (m ³)
Pilares	347,76	30,00
Vigas	210,99	16,46
Lajes	315,00	38,54
Totais	873,75	85,00
FCK do concreto a ser utilizado:		
1º ao 5º pavimento		35,0 MPa
6º ao 13º pavimento		30,0 MPa
14º pavimento a cobertura		25,0 MPa
Área total estruturada do pavimento		375,79 m²
Consumo médio de aço CA-50/CA-60		20,7 kg/m ² estruturado
Consumo médio de aço CA-50/CA-60		91,4 kg/m ³ concreto

Fonte: SRTC Engenharia e Projetos (2008)

Quadro 270- Área estruturada e consumos de materiais e serviços para a laje de cobertura na solução convencional com lajes com vigas de borda

Peça estrutural	Área de fôrmas (m ²)	Volume de concreto (m ³)
Pilares	347,76	30,00
Vigas	197,03	16,62
Lajes	309,05	40,97
Totais	853,84	87,59
FCK do concreto a ser utilizado:		
1º ao 5º pavimento		35,0 MPa
6º ao 13º pavimento		30,0 MPa
14º pavimento a cobertura		25,0 MPa
Área total estruturada do pavimento		375,79 m²
Consumo médio de aço CA-50/CA-60		20,7 kg/m ² estruturado
Consumo médio de aço CA-50/CA-60		91,4 kg/m ³ concreto

Fonte: SRTC Engenharia e Projetos (2008)

Com base nos dados dos Quadros 269 e 270, no Quadro 271 apresenta-se o consumo total de materiais para execução dos vinte e cinco pavimentos-tipos e da laje de cobertura do 25º pavimento-tipo da estrutura em concreto armado da torre residencial.

Quadro 271– Quantidade total de materiais e índices estruturais da estrutura em concreto armado convencional da torre residencial com lajes maciças e vigas de borda

Componentes	un	Quantidade total dos pavimentos-tipos (25x)	Quantidade total do pavimento cobertura (1x)	Total de materiais e serviços para execução da torre residencial
Fôrmas	m ²	21.843,75	853,84	22.697,59
Aço CA-50/CA-60	kg	194.471,33	7.778,85	202.250,18
Concreto FCK 35 MPa	m ³	452,10	-	452,10
Concreto FCK 30 Mpa	m ³	680,00	-	680,00
Concreto FCK 25 MPa	m ³	1.020,00	87,59	1.107,59
Área total estruturada da torre residencial				9.770,54 m²
Espessura média de concreto da torre residencial por área estruturada				0,23 m/m ²
Índice de fôrmas da torre residencial por área estruturada				2,32 m ² /m ²
Índice de fôrmas da torre residencial por volume total de concreto				10,26 m ² /m ³

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE H – DADOS DE OBRAS EXECUTADAS COM A TECNOLOGIA EM PAINÉIS LEVES COLETADOS JUNTO A EMPRESAS ESPECIALIZADAS NA MONTAGEM DO SISTEMA E CONSTRUTORAS QUE SE UTILIZARAM DESTA TECNOLOGIA OU DE TECNOLOGIA SIMILAR PARA PRODUÇÃO DE FACHADAS

Apresenta-se neste apêndice a compilação de dados referentes a obras executadas com a tecnologia de painéis leves.

Inicia-se com a apresentação de cinco obras executadas com a tecnologia, cujos dados foram coletados junto a uma empresa especializada na montagem da deste sistema construtivo.

Os dados encontram-se sintetizados no Quadro 272.

Quadro 272– Síntese de cinco casos reais de obras executadas com a tecnologia de painéis leves

Dados coletados	Shopping Vila Olímpia São Paulo SP	Salvador Shopping Salvador BA	Sesc Belenzinho São Paulo SP	Hospital Albert Einstein São Paulo SP	Caixa Econômica Federal Tupinambás B Horizonte MG
Construtora	Racional	Andrade Mendonça	Mendes Jr	Serpal	Uptec Engenharia
Empresa responsável pela montagem da fachada leve	Idea Sistemas	Idea Sistemas	Idea Sistemas	Idea Sistemas	Idea Sistemas
Largura da estrutura do LSF (mm)	140	90	140	140	90
Espessura da chapa dos montantes de LSF (mm)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Espaçamento médio entre montantes (mm)	400	400	400	400	400
Plataforma de trabalho utilizada	Andaime fachadeiro	Andaime fachadeiro	Balancim elétrico	Andaime fachadeiro	Balancim elétrico
Altura da Fachada	Variável entre 11,00m e 12,00m	Variável até 9,00m	Variável entre 4,00m e 8,00m	Variável entre 4,00m e 6,00m	40,00m
Composição da fachada	Estrutura LSF e uma chapa cimentícia CRFS externa	Estrutura LSF, uma chapa cimentícia Durock® Next Gen USG externa e uma chapa cimentícia interna	Estrutura LSF e uma chapa cimentícia CRFS externa	Estrutura LSF, uma chapa cimentícia CRFS externa, manta de lã de rocha e duas chapas internas em gesso acartonado	Estrutura LSF, uma chapa cimentícia CRFS externa, manta de lã de rocha e duas chapas internas em gesso acartonado

Continua

Conclusão

Dados coletados	Shopping Vila Olímpia São Paulo SP	Salvador Shopping Salvador BA	Sesc Belenzinho São Paulo SP	Hospital Albert Einstein São Paulo SP	Caixa Econômica Federal Tupinambás Belo Horizonte MG
Área total de fachada (m ²)	3.000	18.000	3.500	4.000	1.200
Período da Montagem (mês)	março/07	abril/08 a julho/08	maio/10	março/10 a maio/10	março/14 a maio/14
Prazo de montagem (dias trabalhados)	25	120	30	55	54
Equipe envolvida (número de homens)	12	27	15	9	6
Período de Trabalho (trabalho semanal)	2 ^{af} a sábado das 7:00h as 17:00h	2 ^{af} a sábado das 7:00h as 17:00h	2 ^{af} a sábado das 7:00h as 17:00h	2 ^{af} a sábado das 7:00h as 17:00h	2 ^{af} a sábado das 7:00h as 17:00h
Horas de trabalho por funcionário (h)	225	1.080	270	495	486
Total de horas trabalhadas (h)	2.700	29.160	4.050	4.455	2.916
Produtividade média diária de área de fachada (m ² /dia)	120	150	116,7	72,7	22,2
Produtividade média para execução da fachada (Hh/m ²)	0,90	1,62	1,16	1,11	2,43

Fonte: Elaborado pelo autor

Comentários gerais a acerca dos dados apresentados:

- no caso da obra Salvador Shopping, inicialmente dimensionou-se a equipe para execução das fachadas no prazo de 15 dias solicitado pelo contratante, no entanto, atrasos na liberação de algumas das frentes de trabalho e interferências com outros subsistemas da edificação , alongaram o prazo final para 27 dias trabalhados, afetando o consumo de horas e a produtividade média dos trabalhos;
- no caso da obra da Caixa Econômica Federal Tupinambás, por se tratar de retrofit da fachada frontal do edifício, interferências com a estrutura existente e algumas incompatibilidades não previstas nos projetos executivos, ocasionaram um ritmo mais moroso nos trabalhos, afetando a produtividade da execução dos serviços;
- nas demais obras, os serviços ocorreram dentro do ritmo normal sem interferências ou ocorrências que afetassem a produtividade na execução do sistema construtivo.

Seguem ilustradas nas Figuras 136 a 148, as etapas de execução das fachadas leves dos cinco casos práticos, apresentados no Quadro 272.

Figura 136- Shopping Vila Olímpia – vista interna da fachada em execução

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2007)

Figura 137- Shopping Vila Olímpia – vista externa da fachada em execução

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2007)

Figura 138- Shopping Vila Olímpia – textura acrílica externa aplicada

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2007)

Figura 139– Salvador Shopping – etapa de tratamento das juntas externas

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2008)

Figura 140– Salvador Shopping – vista externa da fachada com as chapas internas instaladas

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2008)

Figura 141– Salvador Shopping – textura acrílica de acabamento aplicada

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2008)

Figura 142– Sesc Belenzinho – chapas externas instaladas e com as juntas tratadas

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2008)

Figura 143- Sesc Belenzinho – aspecto final da fachada com acabamento em painéis de alumínio composto (ACM)

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2008)

Figura 144- Hospital Albert Einstein - acabamento das fachadas em painéis de alumínio composto (ACM)

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2010)

Figura 145- Hospital Albert Einstein - acabamento das fachadas em painéis de alumínio composto (ACM)

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2010)

Figura 146- Caixa Econômica Federal Tupinambás BH – trecho da fachada original

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2014)

Figura 147- Caixa Econômica Federal Tupinambás BH - retrofit da fachada com painéis leves em execução

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2014)

Figura 148- Caixa Econômica Federal Tupinambás - aspecto final da fachada com caixilhos tipo pele de vidro, painéis de alumínio composto e brises em alumínio tipo veneziana

Fonte: Eng. Levi Simões – IDEA SISTEMAS (2014)

Na sequência são apresentados mais dois casos reais, ilustrando a produtividade da tecnologia de fachada em painéis leves, com duas possíveis soluções construtivas desta tecnologia:

- o primeiro, adotando o sistema da panelização, conhecido comercialmente como EIFS⁴⁵, onde os painéis são fabricados fora do canteiro e chegam prontos e acabados para montagem no local;
- o segundo, com o sistema Aquapanel® da empresa Knauf.

⁴⁵ EIFS é um acrônimo de External Insulation and Finishing System (Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior), termo utilizado nos Estados Unidos para descrever o reboco térmico pelo exterior. Este sistema de revestimento de fachada é conhecido na Europa pela sigla ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) e na Espanha pela sigla SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior).

Sistema EIFS (panelização)

Obra: IBCO – Barra da Tijuca – RJ

Construtora: Odebrecht Realizações Imobiliárias

O edifício em questão é composto por pavimento térreo mais três pavimentos e serviu como base das operações de transmissão ao vivo dos Jogos Olímpicos de 2016 no Rio de Janeiro (Figuras 149 e 150).

Figura 149– Planta baixa do edifício (sem escala)

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 150– Perspectiva artística da fachada

Fonte: ODEBRECHT (2015)

O sistema EIFS é um sistema multicamadas, utilizado nas vedações externas de edificações, podendo ser fabricado, tanto em fábrica, quanto no próprio canteiro. A Figura 151 ilustra a composição do sistema EIFS utilizado no IBCO.

Figura 151– Composição do sistema EIFS

Fonte: ODEBRECHT (2015)

De acordo com as modulações definidas no projeto arquitetônico, os painéis foram produzidos na fábrica conforme ilustram as Figuras 152 a 157.

- Montagem da estrutura dos painéis em LSF

Figura 152– Montagem da estrutura dos painéis em LSF

Fonte: ODEBRECHT (2015)

- Aplicação das chapas de substrato

Figura 153- Fixação das chapas com núcleo de gesso revestido com fibra de vidro reforçada sobre a estrutura em LSF

Fonte: ODEBRECHT (2015)

- Tratamento das juntas e impermeabilização

Figura 154– Tratamento das juntas e impermeabilização

Fonte: ODEBRECHT (2015)

- Colagem do EPS (poliestireno expandido)

Figura 155- Colagem e nivelamento da camada de EPS

Fonte: ODEBRECHT (2015)

- Aplicação da massa de acabamento e tela de fibra de vidro

Figura 156– Aplicação da fibra de vidro e camada primer

Fonte: ODEBRECHT (2015)

- Aplicação do acabamento em textura acrílica

Figura 157– Aplicação da textura acrílica na fábrica

Fonte: ODEBRECHT (2015)

No canteiro, a sequência de montagem foi a seguinte (Figuras 158 a 161):

- Locação de base (inserts metálicos)
- Içamento dos painéis
- Posicionamento dos painéis
- Prumo e alinhamento dos painéis
- Fixação dos painéis nos inserts
- Calafetação das juntas dos painéis com silicone
- Montagem dos caixilhos e colocação dos vidros

Figura 158– Içamento do painel

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 159– Posicionamento do painel

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 160– Fixação do painel

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 161– Face interna e fachada

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Pela disponibilidade da grua no local como apoio para as demais frentes de serviços da edificação, este equipamento auxiliou de forma pontual no transporte vertical dos painéis. No entanto, especificamente para o transporte dos painéis de fachada, foi utilizado o guindaste aranha, localizado na laje de cobertura da edificação.

Quanto à questão da produtividade, tem-se as seguintes condições, de acordo com as informações da equipe de planejamento da construtora:

- ✚ Equipe de montagem – 7 pessoas
 - 1 supervisor
 - 2 alocados no pavimento que recebia os painéis
 - 3 no pavimento térreo apoiando a descarga dos caminhões
 - 1 na cobertura operando o guindaste aranha
- ✚ Prazo de execução dos trabalhos de montagem:
 - Início: 06/02/2015
 - Término: 14/06/2015
 - 128 dias corridos
 - 109 dias trabalhados
- ✚ Período de trabalho da equipe
 - 2ª a 6ª feira: 7:00 as 17:00h
 - Sábados: 7:00 as 12:00h

-
 Total de horas trabalhadas
 Por funcionário: 908 horas
 Total da equipe: 6.356 horas

-
 Área total de fachada produzida
 2.980 m² de sistema EIFS

-
 Produtividade:
 27,33 m²/dia trabalhado
 698,44 m²/mês (média)
 2,13 Hh/m² fachada produzido

Para a composição de custos da fachada, deve-se considerar:

- o custo do sistema EIFS, contratado por empreitada global junto ao fornecedor incluindo fabricação, transporte e montagem dos painéis no local;
- o custo dos caixilhos de alumínio e dos vidros comuns 8mm, e;
- o custo do equipamento de apoio para o içamento dos painéis e montagem das fachadas.

O resumo da composição de custos do sistema é apresentado no Quadro 273.

Quadro 273– Custos da fachada com o sistema EIFS e caixilhos (base: dez/14)

Serviço	Un	Quant	Unitário	Total
Esquadrias de alumínio	m ²	1.296	323,15	418.802,40
Locação de guindaste aranha	mês	4,5	21.290,00	95.805,00
Sistema EIFS	m ²	2.980	299,33	892.003,40
Vidros comuns 8 mm	m ²	1.296	89,00	115.344,00
CUSTO TOTAL FACHADA		4.276	R\$ 356	R\$ 1.521.955

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Sistema Aquapanel® da empresa Knauf montado no canteiro

Obra: Residencial Wind – Jacarepaguá – RJ

Construtora: Odebrecht Realizações Imobiliárias

O empreendimento em questão é composto por quatro blocos residenciais com pavimento térreo mais três pavimentos, num total de 260 unidades habitacionais, conforme ilustram as Figuras 162 e 163.

Figura 162– Vista dos quatro blocos residenciais

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 163– Perspectiva artística da fachada dos blocos residenciais

Fonte: ODEBRECHT (2015)

A Figura 164 ilustra a composição do sistema Aquapanel® utilizado nos blocos residenciais do empreendimento.

Figura 164– Composição do sistema Aquapanel utilizado na obra

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Para montagem das fachadas, avaliando-se a pouca altura dos blocos residenciais, optou-se pela utilização de **andaimes fachadeiros**.

As chapas de OSB não fazem parte do sistema Aquapanel® tendo sido adotada pela construtora, buscando uma maior rigidez da camada interna da fachada.

A sequência executiva das atividades foi a seguinte:

- Mapeamento da estrutura: alinhamento e prumo
- Montagem da estrutura metálica LSF
- Montagem dos andaimes fachadeiros
- Instalação da membrana impermeável
- Aplicação da chapa cimentícia externa
- Tratamento das juntas
- Aplicação do basecoat e tela de reforço
- Instalação da manta isolante
- Execução do plaqueamento interno: chapas OSB e chapa de gesso acartonado
- Tratamento das juntas internas

- Desmontagem dos andaimes fachadeiros.

As Figuras 165 a 169 ilustram algumas das etapas da sequência executiva da fachada em painéis leves do sistema Aquapanel®.

Figura 165– Camada de estruturação em LSF – vista externa e interna

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 166– Montagem da fachada com andaimes fachadeiros

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 167– Camada impermeável da fachada

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 168– Chapas cimentícias da camada externa – vista externa e interna

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Figura 169– Camada interna com chapas em OSB e gesso acartonado

Fonte: ODEBRECHT (2015)

O equipamento utilizado para o transporte vertical dos insumos e componentes do sistema aos pavimentos dos blocos residenciais foi o guincho tipo cremalheira.

Quanto à questão da produtividade, são apresentados os dados apropriados pela equipe de planejamento local para os blocos 1 e 3 do empreendimento, organizados em quatro etapas executivas: montagem da estrutura LSF, plaqueamento externo, acabamento externo e plaqueamento interno (Quadros 274 e 275).

Quadro 274– Produtividade das etapas no Bloco 1 do empreendimento

Dados	Montagem estrutura LSF	Plaqueamento externo	Acabamento externo	Plaqueamento interno
Equipe envolvida	11 homens	6 homens	4 homens	6 homens
Data início	28/05/15	23/06/15	28/07/15	11/07/15
Data término	26/06/15	09/08/15	19/08/15	11/08/15
Dias trabalhados	20	34	17	24
Área executada (m²)	3.961	3.961	3.961	3.961
Produção média (m²/dia)	198,05	116,50	233,00	165,05
Produção média (dias/pavto)	2,86	4,86	2,43	4,00
Produtividade média (Hh/m²)	0,44	0,34	0,14	0,24

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Quadro 275– Produtividade das etapas no Bloco 3 do empreendimento

Dados	Montagem estrutura LSF	Plaqueamento externo	Acabamento externo	Plaqueamento interno
Equipe envolvida	11 homens	6 homens	4 homens	6 homens
Data início	09/06/15	30/06/15	04/08/15	20/07/15
Data término	03/07/15	14/08/15	22/08/15	18/08/15
Dias trabalhados	17	32	19	22
Área executada (m²)	3.961	3.961	3.961	3.961
Produção média (m²/dia)	233	123,78	208,47	180,05
Produção média (dias/pavto)	2,43	4,57	2,71	3,14
Produtividade média (HH/m²)	0,38	0,32	0,16	0,21

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Compilando-se os dados apresentados nos Quadros 274 e 275, pode-se chegar aos índices de produtividade média da fachada, compreendendo os serviços, desde o início de montagem da estrutura LSF até a conclusão do plaqueamento interno. Estes índices são representados no Quadro 276.

Quadro 276– Produtividade na execução das fachadas em painéis leves – Blocos 1 e 3

Dados	Bloco 1	Bloco 3
Equipe envolvida	27	6
Data início	28/05/15	09/06/15
Data término	19/08/15	22/08/15
Dias trabalhados	73	64
Área executada (m²)	3.961	3.961
Produção média (m²/dia)	54,26	61,89
Produção média (dias/pavto)	10,42	9,14
Produtividade média (HH/m²)	1,16	1,07

Fonte: ODEBRECHT (2015)

Quanto aos custos envolvidos, apurou-se somente os seguintes custos:

- sistema Aquapanel® (incluindo o plaqueamento interno), contratado por empreitada global junto ao instalador incluindo materiais, transporte e montagem da fachada no local, e;
- custo com a locação dos andaimes fachadeiros utilizados para execução dos trabalhos.

O resumo dos custos, segundo dados disponibilizados pela construtora, encontra-se apresentado no Quadro 277.

Quadro 277– Custos das fachadas em painéis leves dos Blocos 1 e 3 (base: jun/14)

Serviço	Un	Quant	Unitário	Total
Sistema Aquapanel, incluindo plaqueamento interno	m ²	7.922	270,03	2.139.177,66
Locação de andaimes fachadeiros, inclusive telas de proteção	mês	5,5	24.016,96	132.093,28
CUSTO TOTAL FACHADA		7.922	R\$ 286,70	R\$ 2.271.271

Fonte: ODEBRECHT (2015)