

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

LUCAS LOPES RASQUINHO SILVA

**Fachada leve estruturada em Light Steel Framing: implantação do sistema em
empreendimento na cidade de São Paulo**

**São Paulo
2022**

LUCAS LOPES RASQUINHO SILVA

**Fachada leve estruturada em Light Steel Framing: implantação do sistema em
empreendimento na cidade de São Paulo.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de pós-graduação lato-sensu em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios.

Orientadora: Silvia Scalzo Cardoso

São Paulo
2022

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

Catalogação-na-publicação

Silva, Lucas

Fachada leve estruturada em Light Steel Framing: implantação do sistema em empreendimento na cidade de São Paulo / L. Silva -- São Paulo, 2022.
111 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Fachada Leve estruturada em Light Steel Frame I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Silvia Scalzo Cardoso por todo apoio durante o desenvolvimento do trabalho, além de incentivo para sua conclusão.

Ao atual Diretor de engenharia da incorporadora e construtora Gafisa S/A Fabio Luis Garbossa pela indicação do tema e incentivo para o desenvolvimento.

A equipe de engenharia da obra Moov Bélem em especial ao engenheiro Carlos, por me receber e partilhar de informações importantes para o desenvolvimento e conclusão da monografia.

Ao engenheiro responsável pelo acompanhamento da implementação do sistema pelo do grupo Saint-Gobain, pela atenção e esclarecimentos durante as visitas realizadas na obra.

Ao corpo docente e colegas de classe da Escola de Engenharia Politécnica da USP que tiveram participação direta durante o curso de Pós-Graduação.

Por fim meus amigos, família que sempre estiveram do meu lado me incentivando, principalmente meus pais.

RESUMO

A evolução tecnológica no mercado da construção civil ainda ocorre de maneira conservadora no território brasileiro. O fato é, que mesmo de maneira lenta, hoje há um aumento na procura por sistemas que tragam maiores benefícios aos executores e aos clientes finais, tudo isso impulsionado pelo desenvolvimento tecnológico. A Industrialização contribui na modernização do setor e no desenvolvimento de novos sistemas que possibilitam o aumento de produtividade e na redução do desperdício, dois itens que tem relação direta com o custo e prazo final de obra. O presente trabalho tem como objetivo analisar a utilização da fachada leve como vedação vertical externa em chapas delgadas e estruturas em Light Steel Framing, destacando-se as características de projeto e de execução do sistema, bem como analisar o planejamento de obra e o sistema de gestão da qualidade que dão estrutura para permitir adoção deste sistema. Como método de pesquisa, o trabalho apresenta o estudo de caso realizado no empreendimento Moov Belém, da cidade de São Paulo. As informações foram adquiridas por meio de visitas técnicas, acompanhamento da execução da fachada com a equipe de engenharia da obra e com o representante da empresa fornecedora do sistema responsável pelo acompanhamento de execução. A revisão bibliográfica foi desenvolvida por meio de dissertações e artigos pesquisados virtualmente. A pesquisa conclui-se pela viabilidade do sistema quando implantados desde a concepção de projeto, também incorporados a um sistema de planejamento e gestão da qualidade bem definidos.

Palavras chave: Industrialização. Fachada leve. Light Steel Frame.

ABSTRACT

Technological evolution in the civil construction market still occurs in a conservative manner in Brazil. The fact is that, even slowly, today there is an increase in demand for systems that bring greater benefits to executors and end customers, all driven by technological development. Industrialization contributes to the modernization of the sector and the development of new systems that allow for increased productivity and reduced waste, two items that are directly related to the cost and final deadline of the work. The present work aims to analyze the use of the light facade as an external vertical seal in thin sheets and structures in Light Steel Framing, highlighting the design and execution characteristics of the system, as well as analyzing the work planning and the system of quality management that give structure to allow the adoption of this system. As a research method, the work presents the case study carried out in the Moov Belém project, in the city of São Paulo. The information was acquired through technical visits, monitoring of the execution of the facade with the engineering team of the work and with the representative of the company supplying the system responsible for monitoring the execution. The literature review was developed through dissertations and articles searched virtually. The research concludes by the feasibility of the system when implemented from the project conception, also incorporated into a well-defined planning and quality management system.

Keywords: Industrialization. Light facade. Light Steel Frame.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração da chapa gesso	29
Figura 2 - Componentes do sistema com Glasroc X	31
Figura 3 - Componentes complementares (sistema Nextera - Brasilit)	32
Figura 4 - Método embutido de instalação	33
Figura 5 - Exemplos de fixação dos perfis em contato com a estrutura de concreto armado.....	34
Figura 6 - Método contínuo de instalação.....	35
Figura 7 - Exemplo do método contínuo	35
Figura 8 - Conector fixado na estrutura e perfil montante.....	36
Figura 9 - Grau de oportunidade de mudança no tempo	47
Figura 10 - Linha de Balanço.....	48
Figura 11 - Fluxograma de processos da área	50
Figura 12 - Fluxograma de processos para empresas terceiras.....	50
Figura 13 - Fluxograma do acompanhamento	51
Figura 14 - Fluxograma do report	52
Figura 15 - Ciclo PDCA.....	55
Figura 16 - Fluxograma para consultor de obra.....	57
Figura 17 - Portal dos consultores	58
Figura 18 - Foto da Fachada (Moov Belém).....	60
Figura 19 - Localização próxima à estação Belém	61
Figura 20 - Fachada frontal e posterior	62
Figura 21 - Fachada lateral direita e esquerda	63
Figura 22 - Especificação do revestimento de fachada.....	63
Figura 23 - Locação do empreendimento	64
Figura 24 - Aplicação de lã de rocha no interior das vedações de fachada.....	68
Figura 25 - Utilização do método embutido de montagem dos painéis de LSF	69
Figura 26 - Vista interna da montagem pelo método embutido	69
Figura 27 - Montagem dos quadros em LSF e montagem do drywall simultaneamente	71
Figura 28 - Balanço do quadro em LSF em relação à estrutura em concreto	71

Figura 29 - Fixação da guia na laje.....	72
Figura 30 - Instalação do Tyvek Home Wrap.....	73
Figura 31 - Detalhamento dos parafusos.....	74
Figura 32 - Detalhe das juntas.....	74
Figura 33 - Encontro soldado da cantoneira metálica	75
Figura 34 - Camada de argamassa para cimento que será revestida com chapa de alumínio	76
Figura 35 - Chapa em alumínio instalada formando o peitoril.....	76
Figura 36 - Pingadeira em PVC.....	77
Figura 37- Interface da esquadria com a vedação externa (superior da esquadria).77	
Figura 38 - Interface da esquadria com a vedação externa (inferior da esquadria) ..	78
Figura 39 - Utilização de chapa RF no lado interno da vedação	79
Figura 40 - Aplicação da massa de tratamento de juntas entre as chapas e parafusos	79
Figura 41 - Unidade finalizada e vista da saliência da viga de borda sobre a esquadria	80
Figura 42 - Aplicação da tela de reforço	81
Figura 43 - detalhe da tela de reforço	81
Figura 44 - Aplicação do basecoat	82
Figura 45 - Fachada posterior	83
Figura 46 - Fachada frontal	83
Figura 47 - Entrada do empreendimento	84
Figura 48 - Fachada lateral	84
Figura 49 - Fachada lateral	85
Figura 50 - Posicionamento da grua.....	86
Figura 51 - Vista da proteção periférica utilizada	87
Figura 52 - Detalhamento do projeto.....	88
Figura 53 - treinamento de equipe.....	89
Figura 54 - Treinamento no balancim.....	90
Figura 55 - Modelo de relatório de vistoria	91
Figura 56 - Constatação de não conformidade.....	91
Figura 57 - Curva S da obra.....	93
Figura 58 - Sequência de atividades na execução de fachada convencional.....	94

Figura 59 - Planilha PLAN BR	95
Figura 60 - Projeto arquitetônico das unidades com sistema convencional de fachada	97
Figura 61 - Projeto arquitetônico da planta tipo (caixa de escada)	97
Figura 62 - Planta baixa de locação dos painéis da fachada posterior	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos e denominações de perfis comerciais	28
Tabela 2 - Revestimento mínimo	28
Tabela 3 - Informações técnicas da chapa Glasroc X.....	30
Tabela 4 - Quadro resumo da avaliação técnica de desempenho do sistema de fachada leve Glasroc X.....	39
Tabela 5 - Principais resultados comparativos entre o sistema convencional e o sistema de fachadas leves	40
Tabela 6 - Dimensões das guias e montantes.....	67
Tabela 7 - Ciclos de atividades do empreendimento	92
Tabela 8 - Primeiro orçamento comercial	99
Tabela 9 - Quadro de proposta final	100
Tabela 10 - Análise do aditivo	102

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGI	Assembleia Geral de Instalação do Condomínio
AVCB	Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros
DATec	Documento de Avaliação Técnica
CPM	Critical Path Method
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
ESG	Environmental, Social and Governance
ET	Especificação Técnica
EUA	Estados Unidos da América
F.PLA	Documentos Internos de Gestão e Planejamento
FV	Ficha de Verificação
INCC	Índice Nacional de Custo de Construção
ISO	International Organization for Standardization
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ITA	Instituição Técnica Avaliadora
LPS	Last Planner System
LSF	Light Steel Framing
LEED	Liderança em Energia e Design Ambiental
LOB	Linha de Balanço
NBR	Norma Brasileira
OSB	Oriented Strand Board

PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PDCA	Plan, Do, Check, Action
PLAN BR	Planilha Interna de Orçamento
PQO	Plano de Qualidade de Obra
PVC	Componente
RF	Resistente ao Fogo
RTA	Relatório Técnico de Avaliação
RUF	Resistente a Umidade e ao Fogo
SIAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
SiNAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica
SQG	Sistema de Gestão de Qualidade
SVVE	Sistemas de Vedações Verticais Externas
SVVIE	Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamentos
USBGC	United States Green Building Council

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	16
1.2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	18
1.3. OBJETIVOS	21
1.4. METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	21
1.5. RESULTADOS ESPERADOS	23
1.6. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	23
2. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE FACHADAS LEVES ...	24
2.1. BREVE HISTÓRICO DO LIGHT STEEL FRAMING	24
2.2. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE FACHADAS LEVES ..	26
2.2.1 Componentes do sistema	26
2.2.2 Métodos de montagem	32
2.3. DESEMPENHO	37
2.4. COMPARATIVO ENTRE A FACHADA LEVE E O SISTEMA TRADICIONAL DE PRODUÇÃO.....	39
2.5. CONSIDERAÇÕES	40
3. SISTEMA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA QUALIDADE NA EMPRESA ESTUDADA	43
3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	43
3.2. IMPLANTAÇÃO DA INOVAÇÃO NA EMPRESA.....	44
3.3. PLANEJAMENTO DE OBRA	46
3.3.1. Sistema de planejamento Gafisa S/A.....	49
3.3.2. Sistema de planejamento para fachada leve na obra.....	53
3.4. SISTEMA GESTÃO DE QUALIDADE	53

3.4.1. Sistema de qualidade Gafisa S/A.....	55
3.4.2. Sistema de qualidade para o sistema de fachada leve na obra....	58
4.0. ESTUDO DE CASO.....	60
4.1. APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	60
4.2. CONCEPÇÃO INICIAL DO PROJETO DA FACHADA.....	61
4.3. MOTIVOS PARA A MUDANÇA DE TECNOLOGIA DE FACHADA	64
4.4. APRESENTAÇÃO DOS FORNECEDORES	66
4.5. COMPONENTES UTILIZADOS.....	67
4.6 MÉTODO DE INSTALAÇÃO	68
4.6.1 Instalação da barreira de vapor	72
4.7 TRATAMENTO DAS ESQUADRIAS	75
4.8 INSTALAÇÕES PREDIAIS E FINALIZAÇÃO DO CHAPEAMENTO	78
4.9 ACABAMENTOS	79
4.10 LOGÍSTICA, EQUIPAMENTOS E PROTEÇÕES.....	85
4.11 ACOMPANHAMENTO TÉCNICO	87
4.12 PRAZO.....	92
4.13 CUSTO	94
4.13.1. Orçamentos para execução do serviço.....	98
4.14. ESTUDO DE VIABILIDADE DO ORÇAMENTO	101
5.0. CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
5.1. TRABALHOS FUTUROS	106
REFERÊNCIAS.....	107

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Apesar dos sistemas construtivos convencionais ainda serem predominantes no território brasileiro, diante do crescimento populacional e dos avanços tecnológicos, a construção civil tem buscado sistemas mais eficientes com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir o desperdício. As novidades tecnológicas registradas ao longo dos últimos anos estão estimulando o desenvolvimento e facilitando a modernização do setor. Ainda assim, a sinalização de mudança ocorre de maneira lenta quando comparado a outros setores da economia.

A industrialização pode contribuir positivamente para a mudança deste cenário. Senger (2017) afirma que a difusão dos processos construtivos industrializados, pode contribuir para mitigar o déficit habitacional e também permite a redução dos custos e prazos das obras. Desenvolvimento de mão de obra qualificada, possibilidade de redução dos impactos ambientais, diminuição do cronograma, padronização e racionalização são benefícios que a construção industrializada pode gerar.

Ros (2019) afirma que ainda existem muitas deficiências estruturais no mercado nacional que impedem a disseminação de inovações construtivas no país, como por exemplo, a falta de mão de obra especializada e os equipamentos e ferramentas tecnológicas disponíveis.

Mejicovsky (2003)¹ apud Olivieri et al. (2017) afirmam que a utilização de novos sistemas construtivos pode apresentar ganhos operacionais dentro do canteiro de obra e uma redução dos insumos necessários para execução do serviço. O impacto de custo de um sistema construtivo no empreendimento pode ser um fator importante

¹ MEJICOVSKY, T.; SETTLEMYRE, K. **Achieving Innovation in Facades**. Architectural Engineering, 2003.

na implantação de novas tecnologias. Os autores também afirmam que no caso da fachada, seu custo somado ao das esquadrias, revestimentos e acabamentos podem chegar até 20% do custo total do empreendimento.

A fachada leve, nesse trabalho representada pelo sistema em chapas delgadas estruturadas em light steel framing (LSF²) apresenta-se como uma potencial solução construtiva racionalizada. Silva e Silva (2004)³ apud Santiago (2008) destacam os seguintes pontos como principais vantagens do sistema de fachadas leves em relação às vedações verticais tradicionais: logística no canteiro de obras, organização e limpeza, menor desperdício de insumos e também a facilidade de execução.

Diante desse cenário, percebe-se que há uma busca por construções ambientalmente sustentáveis, evidenciando a preocupação com os impactos que a metodologia construtiva adotada gera ao canteiro de obras e consequentemente ao meio ambiente.

A inovação é o que garante sobrevivência e renovação das empresas na construção civil, a necessidade de integrar tecnologia e inovação à construção tem mudado a forma de trabalhar nos canteiros de obra. Nakamura (2019) afirma que inovar consiste em um processo de implementação de novas ideias, visando gerar valor para uma organização.

Dentre as possibilidades dos Sistemas de Vedações Verticais Externas (SVVE), a fachada leve oferece em sua concepção executiva uma construção a seco, onde ela é constituída por perfis de aço galvanizado formados a frio que servirão de estrutura aos painéis de vedação. Por se tratar de uma metodologia industrial, o sistema pode reduzir o desperdício e também apresenta redução no índice de recursos naturais e energéticos (OLIVIERI et al., 2017)

De acordo com Cardoso (2016), a tecnologia das fachadas em chapas delgadas estruturadas em LSF teve o seu desenvolvimento em grande parte alavancado pelo desenvolvimento das vedações verticais internas com chapas de

² LSF é a sigla da nomenclatura Light Steel Framing, será utilizado apenas a sigla para o restante do trabalho.

³ SILVA, Maristela Gomes; SILVA, Vanessa Gomes. **Painéis de Vedação**. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2004. (Série Manuais da Construção em Aço).

gesso acartonado, o drywall. Em meados da década de 1990, com a entrada no mercado de fabricantes de chapa retomou-se o desenvolvimento da tecnologia de drywall com a disponibilização de materiais e componentes.

A partir desse desenvolvimento, surgiu uma nova cadeia produtiva, com a qual, até então o mercado não estava acostumado e/ou não conhecia, trazendo também a necessidade de um método comparativo entre os processos que permita a avaliação e a equiparação considerando todas as possíveis variáveis envolvidas, permitindo a definição e escolha do melhor processo e produto para cada projeto e empreendimento (ROS, 2019).

A solução do sistema de fachada leve pode ser utilizada em praticamente todas as tipologias de edificações e apresenta uma série de benefícios para viabilidade no empreendimento como a velocidade de instalação, também vinculada ao seu baixo peso próprio o que facilita o seu processo executivo.

1.2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Há um desenvolvimento evolutivo e tecnológico na busca por sistemas construtivos com maior produtividade, sendo que estes sistemas possuem um potencial para minimizar os problemas com desperdícios de materiais e redução de prazos.

O sistema de fachadas leves permite uma redução de atividades dentro do canteiro de obras, onde a diminuição do efetivo resulta em menores riscos accidentais aos trabalhadores e contribui para a logística interna da obra. Essa redução é causada pela industrialização do método construtivo, tendo como atividade na obra as etapas de montagem e acabamento.

Em uma execução de fachada, diversos fatores são preponderantes no desempenho da atividade, um deles é a condição climática, que pode afetar as condições de trabalho como em dias de baixas temperaturas ou chuvosos. As intempéries podem impactar parcial ou totalmente na produção. Fachadas tradicionais são mais dependentes das situações meteorológicas, uma vez que as variações

climáticas impactam as atividades de revestimento, com dificuldades em relação ao tempo de cura dos componentes de aplicação como o chapisco e emboço. Mesmo não sendo objeto deste estudo, a fachada leve possui também como metodologia de execução, a instalação de painéis pré-fabricados, o que dispensa a utilização dos balancins, mitigando o risco apresentado pelo trabalho em altura, onde na presença de ventos mais intensos, podem prejudicar e pôr em risco a vida do trabalhador.

A questão da produtividade é de extremo impacto na construção, construtoras e incorporadoras buscam novas tecnologias para alcançar maior produtividade dentro dos canteiros de obra. Cada empreendimento possui suas especificidades, sejam em características arquitetônicas, tecnologias presentes e até mesmo na sua metodologia construtiva. Enxergar os principais ganhos na aplicação de um sistema construtivo, e com isso, conseguir implantar dentro do canteiro de obra, contribui para o melhor desenvolvimento do empreendimento.

O potencial ganho de produtividade em execução de fachadas é uma das maiores razões para recorrer ao sistema de fachada leve. Isso acontece porque é um sistema industrializado, no qual os painéis já podem ser fabricados na indústria enquanto se executa a estrutura.

Além disso, o peso das vedações verticais é menor que a alvenaria convencional. Vedações verticais executadas em sistema leve proporcionam uma redução de cargas considerável quando comparado ao sistema convencional, seu peso chega a ser $\frac{1}{4}$ do peso da alvenaria executada em blocos de concreto e $\frac{1}{3}$ do peso da alvenaria feita com blocos cerâmicos (MEDEIROS, 2014).

No mercado nacional, quando comparado aos países mais desenvolvidos, ainda existe poucas referências construtivas que utilizaram o sistema de fachadas leves estruturadas em LSF. Com o avanço das tecnologias, este cenário pode ser mudado pelas construtoras e incorporadoras.

O sistema tem potencial de se tornar um sistema com grande utilização no Brasil. Mesmo apresentando um potencial ganho de qualidade, produtividade e sustentabilidade, aliado ao sucesso da utilização desses sistemas em outros países, ainda é considerado um método inovador no mercado nacional (ROS, 2019).

Ao tratarmos de sustentabilidade, de acordo com Santos (2017), o índice de perda de materiais no setor da construção civil é uma das principais causas de geração de resíduos, que acabam por gerar outros problemas, como a falta de local para a sua deposição final. Esses acontecimentos muitas vezes se devem pela falta de planejamento da execução da obra, má elaboração e detalhamento dos projetos em conjunto com a falta de conferência dos serviços executados que acabam gerando retrabalhos. O sistema LSF é considerado ecologicamente correto, seja pela utilização do aço, um dos materiais mais recicláveis do mundo como também pela eliminação dos resíduos. As construções tradicionais apresentam uma grande parcela de resíduos cerâmicos e cinzas como de concreto e argamassa, o que pode ser mitigado em uma construção a seco executada em LSF.

Metodologias construtivas convencionais dependem de água e máquinas misturadoras para o preparo da argamassa de revestimento, com isso, são passíveis de maiores gastos elétricos e de consumos de água, existindo uma dependência desses recursos para a execução das atividades e serviços nos canteiros de obras, e se, utilizado de maneira errônea, implica em grandes impactos ambientais. Se tratando de uma construção a seco, o LSF é um caminho virtuoso para minimizar esses impactos, potencializando ainda mais sua utilização no mercado como uma solução ambientalmente sustentável.

Benefícios do sistema podem ser aproveitados no mercado nacional, quando aplicado da maneira correta, seu potencial é bastante interessante. Todos os pontos abordados anteriormente acarretam uma redução econômica e redução de prazo, quando comparados ao sistema convencional de execução de fachadas.

Entende-se que existe uma barreira cultural muito grande no Brasil sobre o assunto, aliada à falta de profissionais da área com conhecimento e habilitados em atuar nesse sistema, resulta em carência informativa específica para a execução de fachadas leves estruturadas em LSF. Tal carência gera questionamentos quanto à eficiência do sistema.

Analisando o cenário atual, o trabalho se justifica pela potencialidade do sistema de fachada leve para o mercado nacional, onde mesmo com resultados de

destaque no exterior ainda não se firmou no Brasil, seja por barreiras culturais, carência bibliográfica ou normalização.

O presente trabalho apresenta um estudo de caso que visa contribuir com os profissionais da construção, com informações e dados para que possibilite a inserção da tecnologia no território brasileiro, visando maior interesse desses profissionais e despertando a procura e o desenvolvimento técnico cada vez maior do sistema.

1.3. OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral analisar a implementação da fachada leve como alternativa de vedação vertical externa em edifício de multipavimentos, aplicada em empreendimento em São Paulo, destacando-se as características de projeto e de execução do sistema.

Como objetivo secundário, entendendo-se o monitoramento do processo de produção como ferramenta de eficiência da produção, o trabalho analisa sobre o planejamento de obra e o sistema de gestão da qualidade como estruturas que permitirão a adoção da inovação e da tecnologia de fachada leve.

Visando contribuir tecnicamente para o melhor entendimento dos profissionais do mercado da construção, têm-se como objetivos específicos a contextualização da tecnologia e a análise crítica do sistema aplicado no estudo de caso.

1.4. METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Objetivando desenvolver o trabalho sobre as fachadas leves, a revisão bibliográfica será realizada por meio de dissertações e artigos, e com levantamento de informações obtidas junto às empresas que atuam e fornecem componentes do sistema no mercado nacional.

Visando aprofundar as discussões sobre a tecnologia de fachada, será apresentado um estudo de caso do empreendimento residencial Moov Belém, da construtora GAFISA S/A. localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo.

A atividade profissional do autor, colaborador da GAFISA, construtora e incorporadora de grande porte, facilitou a compreensão do planejamento de obra e sistema de gestão da qualidade, fundamentais na aplicação da inovação, e propiciou o acompanhamento na prática do estudo de caso.

As informações serão obtidas por meio de visitas técnicas e acompanhamento da execução da fachada em conjunto com a equipe de engenharia da obra.

No tocante às informações de procedimentos e sistemas de qualidade serão utilizados os documentos disponíveis na plataforma de gestão da construtora estudada, disponíveis no momento da pesquisa.

Em relação aos processos e planejamento interno da construtora, haverá suporte da área de planejamento de operações.

As visitas técnicas realizadas pelo autor foram acompanhadas por um representante da empresa Saint-Gobain, responsável subcontratado pelo fornecimento do sistema no empreendimento.

Em relação ao desempenho, foi identificado a DATec⁴ vigente sobre fachada leve, e realizada uma análise e resumo do relatório técnico do IPT (RTA⁵), que apresenta os resultados obtidos através de ensaios realizados para verificar o atendimento a norma de desempenho.

Por fim, será realizada análise crítica com objetivo de avaliar a execução do sistema de fachada leve e os resultados obtidos na obra estudada.

⁴ Documento de Avaliação Técnica (**DATec**): documento técnico que contém os resultados da avaliação técnica e condições de execução/operação, uso e manutenção do produto inovador.

⁵ **RTA** sigla para o Relatório Técnico IPT 158 022-205 – Avaliação técnica do sistema de fachada leve em light steel frame com fechamento externo em chapas de gesso reforçadas com fibras “Glasroc X” para emprego em edifício de múltiplos pavimentos.

1.5. RESULTADOS ESPERADOS

Com base no levantamento bibliográfico e no estudo de caso, o trabalho busca confrontar o escopo teórico com a prática executada. Espera-se que as visitas técnicas e discussões com profissionais do setor, inseridos no presente conteúdo permitam maior conhecimento e desenvolvimento dos profissionais de engenharia, para que a tecnologia possa conquistar maior utilização e disseminação no Brasil.

1.6. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho é composto por 5 capítulos, incluindo este primeiro, onde a introdução é pautada pela contextualização do tema, justificativa da importância do estudo e pelos principais objetivos da pesquisa, além do método utilizado para desenvolvê-la e o que se espera como resultado.

O capítulo 2 introduz o conceito e a caracterização da tecnologia de fachadas leves, as normas vigentes, comparativo da utilização do sistema de fachada leve com fachada tradicional e considerações de custos e prazos.

O capítulo 3 apresenta o planejamento e o sistema de gestão da qualidade da empresa que vão determinar e contextualizar as operações do empreendimento que teve a adoção da tecnologia de fachadas leves.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso do empreendimento Moov Belém e o acompanhamento realizado junto à equipe de obra.

O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos com a execução do sistema, descrevendo os pontos importantes e de maiores impactos para a obra e a partir do estudo de caso se avalia o sistema construtivo como uma alternativa de execução de fachadas leves estruturadas em LSF.

2. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE FACHADAS LEVES

2.1. BREVE HISTÓRICO DO LIGHT STEEL FRAMING

O sistema em LSF é utilizado, há bastante tempo, nos países desenvolvidos da Europa e também nos Estados Unidos. No ano de 1850 houve as primeiras utilizações de perfis de aço conformados a frio no país americano, porém, até 1930 por ser um sistema não regulamentado, a metodologia não era muito aceita, mesmo após 80 anos passados, somente a partir daí que iniciou um crescimento em sua aplicação com a formação de empresas especializadas. (ALLEN, 2006)

O sistema construtivo em LSF tem sido utilizado em diversos países, principalmente nos Estados Unidos, onde seu conceito teve o surgimento em 1933 na Chicago World Fair (BROOKS, 2013).

Ros (2019) afirma que somente em 1940, quando a empresa Lustron Homes vendeu 2.500 casas construídas totalmente em Light Steel Framing, o sistema começou a ser utilizado em maiores proporções.

Após a segunda guerra mundial, com a necessidade de reconstrução rápida das áreas destruídas para ocupação dos soldados que retornavam da guerra, o sistema começou a ter maior inserção e aplicação no mercado. Coelho (2014) afirma que entre 1940 e 1950, alguns fatores corroboraram para o surgimento de centenas de empresas especializadas em construção em LSF, entre eles está o desenvolvimento de tecnologia de chapas de gesso não combustíveis que, apesar da alta popularidade nos EUA, também tinha alto índice de rejeição na época.

Com o passar dos anos a construção passa a se industrializar impulsionada pelas novas técnicas, tecnologias, normalização dos componentes, gerando maior rapidez e eficiência.

Machado (2008) afirma que o Brasil necessitava de novos produtos tecnológicos, quando em 1998 o país teve suas primeiras construções em LSF, introduzindo assim um sistema mais industrializado.

Com a crise financeira em 2008, muitos brasileiros que moravam em outros países e trabalhavam na construção civil, se viram forçados a retornar ao Brasil colaborando para formar a mão de obra capacitada na execução dos sistemas a seco e colaboraram para maior difusão do sistema (ROS, 2019).

Desde 1998, primeiras utilizações do LSF, até hoje vivemos diversas barreiras que fazem com que o sistema não embarque em uma decorrente progressão no mercado. A barreira cultural é uma das principais causas pela baixa utilização da tecnologia, visto que sua concepção é totalmente diferente do método convencional.

Ros (2019) afirma que, no Brasil, a implantação do sistema em LSF envolve uma total mudança cultural da maneira de construir, diferente de alguns países que já possuem a metodologia consolidada, que mantiveram o conceito construtivo e mudaram apenas os materiais utilizados, por exemplo, a troca da madeira pelo aço.

O sistema em Light Steel Framing, também conhecido como construção a seco, é um sistema industrializado que permite adquirir alguns benefícios para as etapas construtivas do edifício. Entretanto, conforme ressalta Santiago (2008), Freitas e Crasto (2006) características como racionalização, industrialização e rapidez na execução só são possíveis no LSF quando há um planejamento integral da obra, que implica em um projeto amplamente detalhado.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE FACHADAS LEVES

O sistema de vedação vertical interna e externa (SVVIE) é classificado pela ABNT NBR 15575-4: 2021, como partes da edificação que limitam verticalmente o edifício e seus ambientes, como a fachada objeto de estudo do trabalho.

Da Rocha (2017) acredita que a escolha do sistema de vedação vertical externa do edifício é de grande importância e deve ser estudada de maneira antecipada à sua execução. O autor enfatiza que sua importância não está só relacionada à estética, mas também ao desempenho, processos de planejamento e produção.

Leite (2021) afirma que cada fachada é única, os parâmetros de detalhamento são determinados pelas empresas incorporadoras que as planejam. Para o desenvolvimento de cada projeto são analisados alguns fatores como: a localização do empreendimento, as interferências e os impactos que serão causados em seu entorno e por fim o orçamento que a incorporadora tem disponível para sua construção.

Segundo a NBR 15575, as fachadas estruturadas em LSF são classificadas como um sistema leve por apresentar uma densidade menor que 60kg/m². O baixo peso próprio alivia os esforços distribuídos na estrutura principal do edifício e, consequentemente, à fundação. Nesse tipo de fachada, as cargas são transferidas diretamente aos pilares, vigas e lajes da estrutura principal da edificação, não há transferência vertical de um pavimento ao outro (MEDEIROS et al, 2014).

2.2.1 Componentes do sistema

Segundo Da Rocha (2017) os componentes do sistema d fachada leve são classificados da seguinte maneira:

- **Componentes de fechamento:** chapas cimentícias, OSB, gesso acartonado entre outras (todos os componentes são de baixa densidade);

- **Barreiras impermeáveis:** membranas impermeáveis que evitam a passagem de água e ar;
- **Isolamento térmico e acústico:** utilização de lã mineral ou lã de rocha;
- **Estrutura secundária:** perfis de aço galvanizado para dar sustentação aos componentes que compõe o SVVE;
- **Dispositivo de fixação:** responsável pela fixação dos perfis de aço galvanizado entre si e também na estrutura primária do edifício, faz-se necessário também na fixação das chapas de vedação nos perfis guias e montantes;
- **Componentes de tratamento de juntas e acabamento final:** massas de base cimentícia com aditivos impermeabilizantes, telas de reforço e tratamento de juntas.

O sistema de fachada é caracterizado por utilizar montantes e perfis guias em aço galvanizado. A NBR 15523, criada no Comitê Brasileiro de Siderurgia (ABNT/CB-28), determina em seu escopo os requisitos gerais e métodos de ensaios para os perfis de aço formado a frio utilizados para diversas funções, e também na utilização para fachada de edifícios estruturados em Light Steel Framing, tema deste trabalho. Ela classifica os perfis conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Tipos e denominações de perfis comerciais

Tipo	Denominação	Descrição	Utilização
Guia	U		Composição de paredes, lajes secas, coberturas e revestimento
	Eu		Composição de paredes, lajes secas, coberturas e revestimento (sistema de encaixes estampados)
Montante	M		Composição de paredes, lajes secas, coberturas e revestimento.

Fonte: ABNT NBR 15523 (2014)

Sobre o revestimento metálico, a norma ABNT NBE 15523 estabelece:

“Para a fabricação dos perfis estruturais formados a frio, devem ser empregados bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente, conforme ABNT NBR 7008-1, ABNT 7008-3 e ABNT NBR 15578. As massas mínimas de revestimento são apresentadas da tabela 2 (ABNT NBR 15523, 2014, pg 9.) ”

Tabela 2 - Revestimento mínimo

Tipo de revestimento	Perfis estruturais	
	Massa mínima do revestimento^a G/m²	Denominação do revestimento conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT NBR 15578)

^a A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo)

Fonte: ABNT NBR 15523 (2014)

Em relação aos fechamentos, uma das possibilidades, é a chapa comercialmente chamada Glasroc X da Placo (Grupo Saint Gobain) conforme figura 1. Essa chapa foi desenvolvida para uso em vedações verticais externas, desta forma, seu uso é recomendado em locais sujeitos à ação de intempéries (PLACO, 2022).

Segundo o fabricante, ela é composta de gesso e aditivos especiais, e revestida nas duas faces por véu de vidro e composto polimérico, que tornam o componente com alta resistência à umidade e raios UV. A chapa é de fácil manuseio e transporte, e por boas práticas, o fornecedor indica a forma que o componente deve ser armazenado para que seja preservado. Conforme a ficha de informações de segurança do fornecedor de 2022, o armazenamento deve ser em locais frescos e bem ventilados, longe de fontes de calor, procurando sempre manter as chapas em alinhamento.

Figura 1 - Ilustração da chapa gesso



Fonte: Placo (2022)

A tabela 3 apresenta as características técnicas do componente, disponibilizadas através do catálogo técnico da chapa no site oficial do fornecedor.

Tabela 3 - Informações técnicas da chapa gesso

ESPECIFICAÇÕES		VALOR	UNIDADE
Designação conforme a norma		ASTM C 1177	
Espessura		12,5	mm
Largura		1200	mm
Comprimento		2200	mm
Peso		10,7	kg/m ²
Absorção total de água		≤ 3	%
Absorção superficial de água		< 45	g/m ²
Resistência a fungos conforme a norma ASTM D-3273		10 (Não fungos)	-
Resistência à exposição aos raios UV		12	meses
Estabilidade dimensional	Variação linear por temperatura	0,008	mm/m·°C
	Variação linear por umidade 30-90 %RH	0,005	mm/m·1%RH
Resistência à flexão	Longitudinal	≥ 540	N
	Transversal	≥ 210	N
Raio máximo de curvatura		1,5	m
Condutividade térmica λ		0,1865	W/mK
Difusão de vapor μ		18,2	-
Reação ao fogo	Classe I (Incombustível)		-

Fonte: Placo (2022)

Além da chapa de gesso, o sistema utiliza outros materiais identificados na figura 2, além de algumas referências de componentes complementares do sistema Nextera da Brasilit que também participa do grupo Saint Gobain, que estão identificados na figura 3.

Figura 2 - Componentes do sistema com Glasroc X

PLACA GLASROC X



Baixa absorção total (<5%) e superficial de água;
Incombustível
Leve: 11,00 Kg/m²
1.200mm X 2.400mm

**TYVEK HW E
TYVEK TAPE**



Barreira de ar e água
Fita para vedar

**PARAFUSOS
GLASROC**



Parafusos para Glasroc com revestimento especial.
>720 horas de resistência à névoa salina.

**PLACOPLAST
BASECOAT**



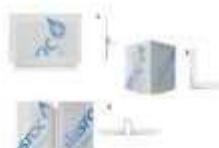
Argamassa polimérica
Base cimentícia

**MALHA GRX
(JUNTASE SUPERFÍCIE)**



Malha 160g/m²
Reduz trincas e fissuras

**PERFIS GRX
(CANTONEIRA, PINGADEIRA E
DILATAÇÃO)**



Malha 160g/m²
Reduz trincas e fissuras

Fonte: Placo (2022)

Figura 3 - Componentes complementares (sistema Nextera - Brasilit)

LÃ DE FIBRA DE VIDRO	BANDA ACÚSTICA
Descrição: Wallfelt TOPFelt 100mm Wallfelt POP 100mm	Descrição: Banda acústica
Embalagem: 1,20 x 7,50m - 9 m ² (Unidade embalada)	Embalagem: 90 x 10.000 mm (24 rolos)
Código do produto: Wallfelt TOPFelt 100mm - EE10100004 Wallfelt POP 100mm - EE10100000	Código do produto:
Peso: Wallfelt TOPFelt 100mm – 10 kg/m ² Wallfelt POP 100mm – 10 kg/m ²	Peso: 90 x 10.000 mm – 0,345 kg
PLACA DE DRYWALL TIPO "RF"	CORDÃO DELIMITADOR (TARUCEL)
Descrição: RF BR 15 - PLACA RESISTENTE FOGO BORDA REBAIXADA	Descrição: Cordão delimitador de junta
Embalagem: Placa 1,20 x 2,40m	Embalagem: Rolo com 100 metros
Código do produto:	Código do produto: 273 03 005 6
Peso: Aprox. 10,00 – 14,00 (kg/m ²)	Peso: Rolo - 0,10 kg
PRIMER	PRIMER
Descrição: Primer para junta	Descrição: Primer para junta
Embalagem: Balde com 4 kg	Embalagem: Balde com 4 kg
Código do produto: 273 03 005 6	Código do produto: 273 03 005 6
Peso: Balde – 4,50 kg	Peso: Balde – 4,50 kg

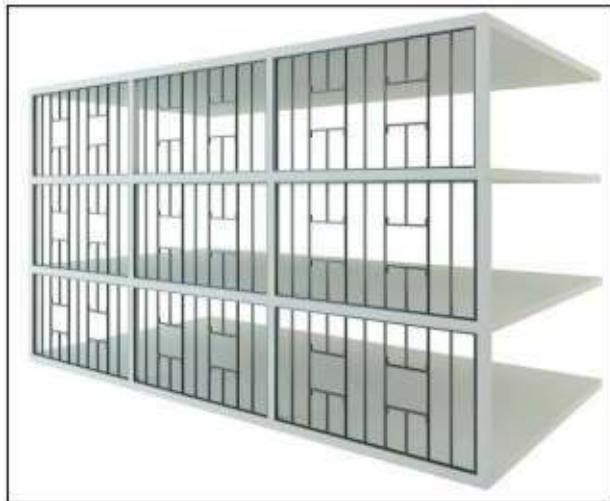
Fonte: Manual Técnico Sistema Nextera de Fachadas

2.2.2 Métodos de montagem

O sistema de fachada leve estruturado em LSF pode ser executado de duas maneiras em relação ao método de montagem, a primeira chamada de método embutido ou entre lajes, e a segunda de cortina ou método contínuo.

O método embutido ou entre lajes caracteriza-se por possuir os painéis montados internamente aos quadros da estrutura principal do edifício, composta por vigas, lajes e pilares conforme representado na figura 4.

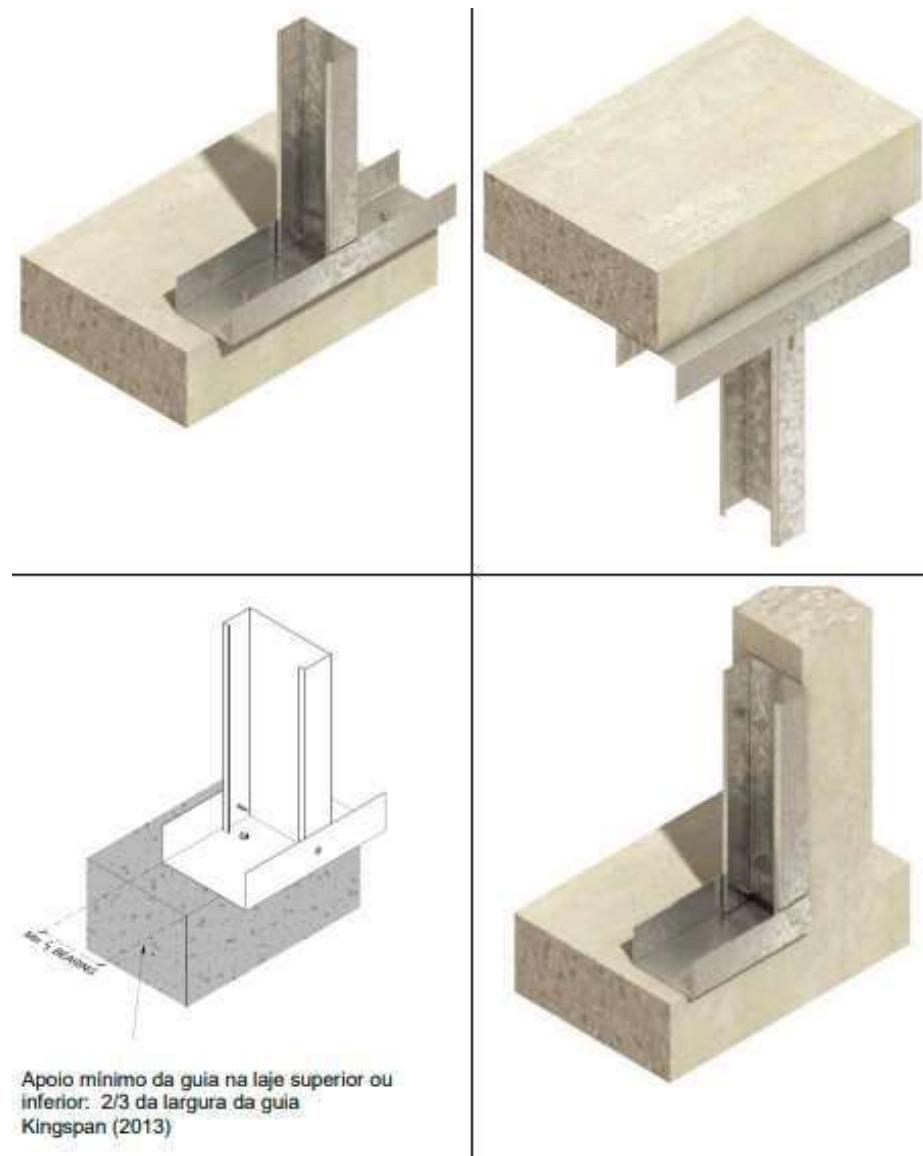
Figura 4 - Método embutido de instalação



Fonte: Santiago (2008);

Na montagem embutida, Cardoso (2016) afirma que usualmente a camada externa ou o plaqueamento é contínuo. Dessa forma, as guias e montantes precisam avançar os limites das lajes do edifício conforme representado na figura 5, de modo a possibilitar a sua continuidade na instalação dos painéis externos. O deslocamento das guias e montantes deve ocorrer de modo a respeitar o limite mínimo de contato na fixação dos elementos no concreto, o avanço do perfil sobre as limitações da estrutura principal do edifício é permitido apenas até 1/3 de sua largura.

Figura 5 - Exemplos de fixação dos perfis em contato com a estrutura de concreto armado



Fonte: Kingspan (2013)⁶ e (2014)⁷ apud Cardoso (2016)

O método contínuo representado nas figuras 6 e 7, também conhecido como cortina caracteriza-se por um sistema onde os painéis são instalados externamente a estrutura principal da edificação, ele permite ser executado em fachadas em que há

⁶ 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

⁷ **Kingframe. Steel Framing Systems.** Technical Manual. Version 5.2. December 2014. 120p. Disponível em:

http://images4.kingspanpanels.co.uk/file/asset/9398/original/UK_SBS_SFSTechnical_Manual_v-5-2.pdf

variações maiores na estrutura de um pavimento para o outro, ou seja, pode ser aplicado em estruturas com maiores desaprumos.

Figura 6 - Método contínuo de instalação



Fonte: Santiago (2008);

Figura 7 - Exemplo do método contínuo



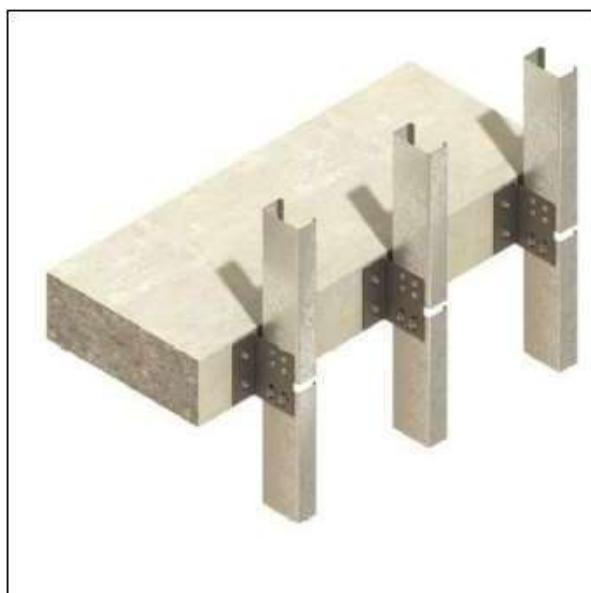
Fonte: Way (2014)⁸ apud Cardoso (2016)

⁸ WAY, A.G.L; **Durability of Light Steel Construction**. Technical information sheet. SCI Document ED022. Ascot: Steel Construction Institute (SCI). 2014. 4p.

Ros (2019) afirma que este método possibilita a fixação com a altura de dois ou mais pavimentos, pois o método não se limita ao espaço entre as lajes. O que geralmente vai determinar sua limitação é a dificuldade no transporte vertical e horizontal dos painéis.

Neste método, o peso próprio da fachada é transferido à estrutura principal do edifício através de conectores. Conforme representado na figura 8, os conectores são fixados na laje em concreto, e os perfis montantes são fixados nesses conectores de modo a permitir a deformação diferencial entre os painéis e a estrutura principal da edificação WAY e LAWSON (2013); KINGSPAN (2013) apud CARDOSO, (2016).

Figura 8 - Conector fixado na estrutura e perfil montante



Fonte: Way e Lawson (2013)⁹; Kingspan (2013) apud Cardoso (2016)

Cardoso (2016) afirma que o método contínuo pode tornar o processo mais industrializado em relação ao método embutido.

Com o suporte de equipamentos adequados, como gruas e guindastes, é possível executar o sistema de fachada leve com painéis pré-fabricados, produzidos fora do canteiro de obra. Embora não seja a opção aplicada ao estudo de caso pela

⁹ 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

construtora, essa alternativa possui processos com maior grau de industrialização reduzem o risco de falhas na execução.

2.3. DESEMPENHO

O sistema de fachada leve para edifícios de multipavimentos ainda é considerado uma inovação tecnológica no mercado nacional, desta forma, não apresenta normas técnicas prescritivas¹⁰. A NBR 16970:2022 - Sistemas construtivos estruturados em perfis de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas, composta de três partes (desempenho/ projeto estrutural/ interface entre sistemas), aplica-se à empreendimentos de até dois pavimentos, apenas. Mesmo não apresentando norma técnica específica, o sistema deve atender aos requisitos da norma de desempenho NBR 15.575-4: 2021, que define o desempenho genérico de qualquer sistema de vedação vertical de uma edificação.

De acordo com Cardoso (2016) o Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) busca avaliar os produtos e sistemas não estabelecidos nas normas técnicas prescritivas, sendo assim, possível a avaliação de inovações construtivas, segundo a autora:

“O SINAT regula o processo no qual as Instituições Técnicas Avaliadoras (ITAs) elaboram Diretrizes que irão referenciar as exigências e requisitos que os sistemas construtivos ou produtos devem atender. Após a elaboração das Diretrizes, os agentes interessados em um dado sistema ou produto, com o auxílio de uma ITA, irão elaborar os Documentos de Avaliação Técnica (DATec), cuja aplicação deve garantir o atendimento às exigências das Diretrizes”.

O DATec é configurado como um documento informativo, destinado aos profissionais da construção civil, com informações a respeito do desempenho provável e as características dos produtos utilizados, contemplando dados que possam determinar tecnicamente processos de tomada de decisões. Nele é possível identificar

¹⁰ Já se iniciou o grupo para a formulação e desenvolvimento da norma prescritiva de fachada leve

o potencial ou provável desempenho de um determinado produto em condições de uso, exposição, instalação, execução, operação e também manutenção. (PBQP-H, 2021).

A fachada leve é contemplada pela Diretriz 009 – revisão 1 intitulada “Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zinado e fechamentos em chapas delgadas com revestimento de argamassa (Fachada leve em steel frame).”

Para análise do desempenho do sistema, faz-se necessário a realização de ensaios de desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho acústico e térmico, higrotérmico, manutenabilidade e também de durabilidade.

Com base na ABNT NBR 15.575-4 (2021) e na Diretriz SiNAT nº 009 - Rev.01 o sistema de fachada leve em Light Steel Frame com fechamento externo em chapas de gesso reforçadas com fibras, a chapa “Glasroc X”, para emprego em edifícios de múltiplos pavimentos foi ensaiado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

O sistema ensaiado foi composto por perfis leves de aço galvanizado, fechamento externo com chapas de gesso reforçado com fibras de vidro (Glasroc X) fechamento interno com duas chapas de drywall resistente ao fogo “RF”, isolamento térmica com lã de rocha de densidade 32 kg/m³, barreira impermeável à água e vapor, e, por fim, o revestimento externo e tratamento de juntas à base de argamassa polimérica, chamada Basecoat.

O quadro resumo (Tabela 4) apresenta os 6 aspectos avaliados do sistema que obtiveram resultados satisfatórios no ensaio. Para a avaliação técnica de desempenho foi considerado um edifício de até 25 pavimentos (75 metros).

Tabela 4 - Quadro resumo da avaliação técnica de desempenho do sistema de fachada leve Glasroc X

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE DESEMPENHO (ensaio realizado no IPT)		
ASPECTO	DESEMPENHO	
	SATISFATÓRIO	NÃO SATISFATÓRIO
DESEMPENHO ESTRUTURAL	✓	
SEGURANÇA AO FOGO	✓	
ESTANQUEIDADE À ÁGUA	✓	
ISOLAMENTO ACÚSTICO	✓	
DESEMPENHO HIGROTÉRMICO	✓	
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	✓	

Fonte: Autor baseado em dados da empresa fornecedora

2.4. COMPARATIVO ENTRE A FACHADA LEVE E O SISTEMA TRADICIONAL DE PRODUÇÃO

Olivieri et al (2017) desenvolveram comparação entre a fachada leve e o sistema tradicional de produção de fachadas, considerando quantitativamente os seguintes fatores: mão de obra, geração de resíduos, consumo de água e prazos de obra. A comparação foi realizada por meio de análise de quatro estudos de caso locados no Brasil e na Alemanha. Os empreendimentos analisados tinham destinação habitacional.

Nesse estudo, o sistema caracterizado como tradicional, foi composto com vedações verticais externas de blocos de concreto ou cerâmico, aplicação de chapisco e argamassa de revestimento (emboço).

Os edifícios que fazem parte do comparativo estão descritos de acordo com as seguintes características:

- **Estudo de caso A:** Empreendimento residencial no Rio de Janeiro - Brasil. Composto por quatro torres de sete pavimentos, com 15.000 m² de fachada em LSF;
- **Estudo de caso B:** Empreendimento em Heidelberg - Alemanha. Composto por três torres, sendo duas de dez pavimentos e uma de treze pavimentos, com 20.000 m² de fachada em LSF;

- **Estudo de caso C:** Empreendimento em Porto Alegre - Brasil. Composto por uma torre única de sete pavimentos.
- **Estudo de caso D:** Empreendimento de torre única de uma incorporadora de grande porte do Brasil, com dezoito pavimentos – tipo. Composto por 17.190 m² de área construída e 8.032 m² de fachada em LSF.

No comparativo, o sistema de fachada leve gerou menor desperdício de materiais, menor consumo energético e de água, de acordo com os índices de consumo obtidos que destacam a redução dos resíduos gerados e também a redução no consumo de água dentro do canteiro de obras (tabela 5). Para análise comparativa, no sistema convencional foi utilizado informações baseadas em dados do Sinapi (2017), TCPO (2017) e das empresas dos empreendimentos.

Tabela 5 - Principais resultados comparativos entre o sistema convencional e o sistema de fachadas leves

TÓPICO	PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS
Consumo de mão de obra	Redução de 62,5% (estudo de caso A), 73% (estudo de caso B), 67,2% (estudo de caso C) e possível redução de 67,9% (estudo de caso D)
Geração de resíduos	Redução de 50% da massa de resíduos (estudo de caso A) e redução estimada de 86,7% (estudo de caso D)
Consumo de água	Redução de 93,5% do volume de água consumida (estudo de caso A) e redução estimada de 79% (estudo de caso D)
Prazo de obra	Possível redução de 3 meses no prazo de obra (estudo de caso D)

Fonte: Olivieri et al (2017)

2.5. CONSIDERAÇÕES

Os produtos utilizados na fachada leve são fabricados por rigorosos processos industriais, o que aumenta a precisão dimensional dos elementos e também do controle de qualidade exigido pelas normas vigentes. Neste caso, a industrialização dos componentes aparece como a primeira vantagem no presente trabalho.

Aliado à industrialização, o sistema possui características de concepção construtiva racional, grande parte dos componentes vêm montados de fábrica, o que

torna o processo de montagem mais rápido, tendo em vista a facilidade do manuseio e do transporte devido a leveza dos elementos.

O sistema de fachada leve apresenta menor peso quando comparado ao sistema convencional, painéis leves x alvenaria convencional com blocos de concreto ou cerâmico, desta forma, há um alívio nos esforços distribuídos da vedação vertical à fundação, o que possivelmente pode gerar uma redução econômica nesta etapa. Ribeiro e Carvalho (2018) afirmam que o LSF caracteriza-se por possuir fundações com custos mais baixos, reflexo do peso dos painéis que minimiza a necessidade de fundações mais robustas.

O processo industrializado do sistema de fachada leve requer um número menor de trabalhadores para execução da fachada, parte de seus componentes agilizam o processo de produção e quando comparados ao método convencional de execução de fachada em alvenaria de blocos com emboço, permite eliminar a etapa de preparo da base em alvenaria e também do revestimento argamassado.

Em um processo construtivo, quanto menor o número de etapas de execução, menor a necessidade de trabalhadores, desta forma, se reduz a probabilidade de acidentes dentro do canteiro de obras.

Mesmo apresentando características positivas para a execução da fachada, não há abundante utilização do sistema em território nacional, o que pode ser justificado por alguns fatores comparadas ao método convencional de revestimento em argamassa:

- **Cultura:** A eficiência do sistema ainda é questionada devido à carência de informações técnicas específicas de execução e também da falta de profissionais habilitados no setor, gerando desta forma uma barreira cultural na escolha por esse sistema;
- **Mão de obra:** Há poucas empresas no mercado nacional que são capacitadas a trabalharem com esse método construtivo e que garantam o padrão de qualidade necessário para o desempenho do sistema de fachada leve não seja impactado;

- **Custo:** O investimento inicial para se executar esse método construtivo é mais elevado, desta forma, para se viabilizar o sistema é necessário analisar o custo do empreendimento globalmente;
- **Normatização:** carência de norma específica de execução do sistema no mercado nacional.

A execução em fachadas leves estruturadas em LSF tem potencial para se tornar uma solução tecnológica de maior utilização no Brasil, contudo, existe um árduo trabalho pela frente, visto que as barreiras culturais, falta de conhecimento técnico, normalização e a escassez de profissionais aptos e capacitados para trabalhar com sistema, são um limitador para a implantação e difusão da tecnologia.

3. SISTEMA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA QUALIDADE NA EMPRESA ESTUDADA

3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O estudo de caso do presente trabalho foi realizado no empreendimento em construção da incorporadora e construtora Gafisa S/A. A empresa foi fundada em 1954 no Rio de Janeiro, sob o nome Gomes de Almeida Fernandes. Em 1997, a partir de uma associação com a GP Investimentos, passou a se chamar Gafisa S.A. Com presença em 40 cidades e 19 estados em todo o Brasil, a empresa já concluiu mais de 1200 empreendimentos (Gafisa, 2021).

Atualmente, a empresa tem seu foco de atuação no estado de São Paulo. Após a recente reestruturação, voltou a atuar na sua cidade natal (Rio de Janeiro) dando continuidade ao processo de expansão no mercado nacional. Na sua trajetória, conquistou premiações importantes que qualificam as construtoras e incorporadoras no Brasil. Foi a primeira construtora a obter o certificado Leed¹¹ Platinum na América Latina no empreendimento Eldorado Business Tower (Gafisa 2021), e possui certificado da norma ISO 9001 e certificação nível A do SiAC¹², sistema vinculado ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

Há três anos a construtora iniciou processo de reestruturação, solidificando suas áreas e buscando inovações para melhorar seu desempenho construtivo e atender o maior grau de exigência do cliente. Com a criação da área de inovação, foi implantado o programa Inova Gafisa. Nesse programa, a plataforma de intra-

¹¹ LEED (Liderança em Energia e Design Ambiental), é uma certificação para construções sustentáveis, concebida e concedida pela organização não governamental United States Green Building Council (USGBC).

¹² O Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC) é uma certificação de gestão da qualidade endereçado às construtoras e pré-requisito para se construir unidades habitacionais financiadas pelo Governo Federal. Fonte: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/pbqp-h/siac-sistema-de-avaliacao-da-conformidade-de-servicos-e-obra>. Acesso em setembro/ 2021.

empreendedorismo permite aos colaboradores compartilhar suas ideias e obter recursos e condições de pô-las em prática a partir de projetos com o auxílio da área.

Nessa reestruturação, a construtora implantou inovações em seus processos e procedimentos para melhorar o desempenho de seus empreendimentos. A empresa resgatou sua filosofia de inovar, dando continuidade ao processo iniciado no seu passado.

Em função desse contexto, é que foi aplicado o sistema de fachadas leves estruturado em LSF na fachada de edificação multipavimentos, objeto do estudo de caso. O sistema foi proposto pelo diretor de engenharia Fabio Luis Garbossa Francisco e implementado como projeto piloto na obra Moov Belém.

Para se compreender a introdução do sistema de fachada leve e seu desenvolvimento, serão detalhadas a aplicação da tecnologia à luz do planejamento de obra e do sistema de gestão da qualidade da empresa, que visam à eficiência na produção.

3.2. IMPLANTAÇÃO DA INOVAÇÃO NA EMPRESA

A busca por tecnologias que permitam otimizar os recursos e custos nas obras é necessária, com isso, a adoção de inovações torna-se uma opção viável para melhor atender as demandas no âmbito da construção civil. A importância da inovação como base do desenvolvimento econômico se apresenta historicamente como um fator de vantagem competitiva.

Sobre as tecnologias inovadoras, a grande maioria das construtoras e incorporadoras estão cientes dos benefícios trazidos ao produto final, e mesmo assim há uma resistência inicial devido a necessidade de alto investimento imediato, fazendo com que as empresas do setor não consigam incluir estas em seus processos. (Besen e Da Silva, 2017).

Durante seus anos de atuação em construções comerciais e residências, a construtora visa aprimorar seu desempenho através de metodologias construtivas

inovadoras que tragam resultados positivos à companhia e aos usuários. Aperfeiçoamento de softwares, sistema de parede de concreto, utilização de sistema PEX hidráulico são alguns dos sistemas inovadores que a empresa implantou no passado e utilizam até hoje.

Na busca por mais uma solução tecnológica, que também pudesse ser conciliada à sustentabilidade, a construtora resolveu por meio de estudo prévio, aplicar o sistema de fachada leve no empreendimento Moov Belém.

Como ainda não havia ocorrido a utilização da tecnologia de fachada leve aplicada integralmente nas fachadas de empreendimentos da empresa, para que a implantação fosse possível, fez-se necessário o desenvolvimento de um estudo de viabilidade, com levantamento de custos e prazos, vantagens e desvantagens que a solução pudesse trazer para obra e consequentemente para a construtora.

Em se tratando de uma inovação para a companhia, o documento técnico específico para aplicação do sistema de fachada leve está em desenvolvimento pelo engenheiro responsável da obra em parceria com o corpo técnico da empresa consultora, fornecedora do sistema de fachada. Em função disso, a execução segue as recomendações e procedimentos da empresa acompanhante, que auxilia a equipe de engenharia e de mão-de-obra através de treinamentos e relatórios de acompanhamento.

Para todos os serviços executados dentro do canteiro de obra é elaborado uma especificação técnica específica, documento denominado na construtora de Especificação Técnica (ET). Cada engenheiro de obra da construtora é responsável pela atualização anual dos documentos, onde antes de publicados são revisados por outro engenheiro parceiro. A ET tem como objetivo apresentar os procedimentos executivos do serviço, bem como a maneira de recebimento da execução através da metodologia de conferência discriminada no documento. A distribuição dos temas das ETs é realizada pela área de Gestão da Qualidade e Processos e divulgada através da comunicação interna por e-mail. O gestor da obra do estudo de caso ficará responsável pela ET de fachadas leves estruturadas em LSF, o documento será desenvolvido em parceria com a equipe do consultor.

3.3. PLANEJAMENTO DE OBRA

Atualmente, aprimorar o sistema de gestão e controle de processos em uma empresa é fundamental, principalmente na indústria da construção civil. Com a intensificação da competitividade, globalização dos mercados, aumento no grau de exigência dos clientes e surgimento de novas tecnologias, o desenvolvimento do sistema de gestão é necessário para que as obras tenham melhor desempenho em relação aos seus principais indicadores: o prazo, o custo, o lucro, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa da empresa.

A construção civil é uma indústria bastante dinâmica, a cada ano seu desenvolvimento é impulsionado pelas novas tecnologias e recursos inovadores do mercado nacional. Ainda assim, o cenário dentro dos canteiros de obra não acompanha o desenvolvimento como deveria, existem muitos processos arcaicos que acabam somando para que o desperdício de tempo e material esteja presente no dia a dia. O improviso explica a necessidade do planejamento prévio para executar e gerir uma obra, e a necessidade de se ter projetos que venham abranger de forma clara e lógica a execução do sistema, considerando todos os fatores como vida útil, logística, produção e detalhes específicos. Fatores esses, que caracterizam uma construção industrializada.

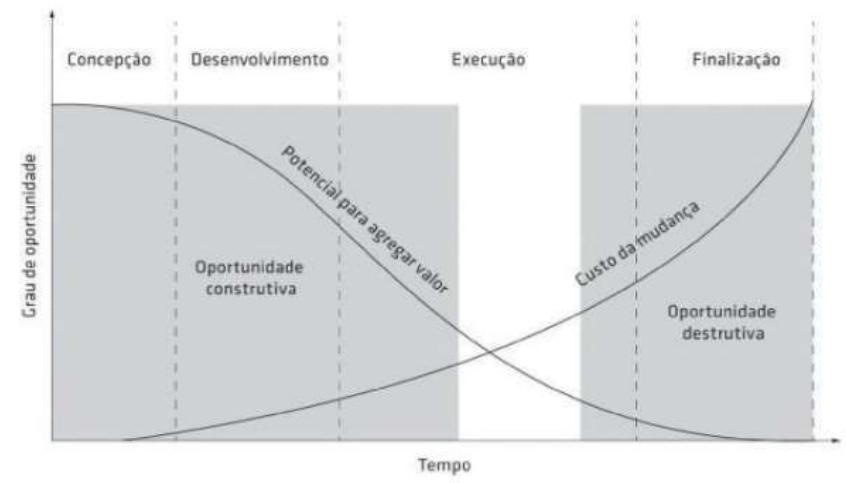
Mattos (2019) afirma que ao planejar uma obra, todas as fases do empreendimento são desenvolvidas com maior eficiência, uma vez que o conhecimento de todas as etapas facilita a condução do trabalho. Além do conhecimento pleno da obra, da detecção das situações desfavoráveis, outros itens como padronização, criação de históricos, referências para metas, facilidade e agilidade na tomada de decisões, são características resultantes de um bom planejamento.

A produtividade das atividades de execução dentro do canteiro de obra é resultado de um projeto bem planejado e estudado. A busca por otimização dos processos é adquirida, capacitando as pessoas a realizarem e desenvolverem o máximo de seu trabalho com menores recursos. Nesse contexto, quanto mais cedo a equipe de engenharia da obra puder interferir, melhor será o desenvolvimento do

projeto. A falta de planejamento prévio prejudica na tomada de decisões, diminuindo o tempo hábil para mudanças e ações corretivas quando necessárias.

A figura 9 ilustra dois cenários de oportunidades de mudança ao longo do tempo, eles estão relacionados com o momento de atuação para alteração do planejamento e ao custo destas ações. A oportunidade construtiva traduz que quanto mais cedo se puder alterar o rumo de um serviço ou do próprio planejamento menor será seu custo. Com o passar do tempo, a intervenção terá a sua implantação mais cara e sua eficácia é reduzida – é a chamada oportunidade destrutiva (MATTOS, 2019).

Figura 9 - Grau de oportunidade de mudança no tempo



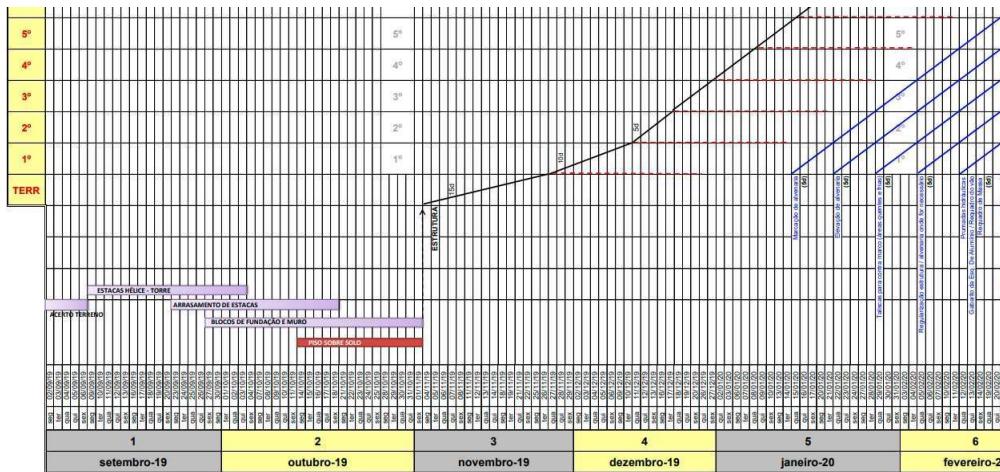
Fonte: Aldo Dórea Mattos (2019).

Segundo Mattos (2008), o planejamento inclui o plano diretor da obra (longo prazo), englobando todos os serviços que atuarão no canteiro de obras e no momento da contratação de materiais e da mão de obra, considerando seus custos e orçamentos. Os planos e avaliações de curto e médio prazo são importantes para a realização das programações semanais e diárias das equipes, permitindo assim, o estabelecimento de metas para se atingir o planejado.

Santos (2008) destaca algumas ferramentas e metodologias que são utilizadas para realizar o planejamento na construção civil:

- **Linha de balanço (LOB):** Metodologia utilizada para obras que possuem serviços repetitivos. Sua técnica consiste no traçado de linhas diagonais e horizontais que representam o avanço das atividades executivas dentro do empreendimento em um espaço de tempo. A figura 10 traz um exemplo, no qual, o eixo x (horizontal) representa os dias de execução e o eixo y (vertical) os pavimentos que serão executados. O método da linha de balanço auxilia para visualização do tempo de duração das atividades e a identificar qualquer interferência nos serviços subsequentes.

Figura 10 - Linha de Balanço



Fonte: Área de planejamento Gafisa S/A.

- **Last Planner System (LPS):** Processo de planejamento e controle para regularizar o fluxo de trabalho e propiciar otimização dos recursos na construção civil. Caracterizado por impactar diretamente na produtividade, refletindo no cumprimento do prazo, o sistema garante a proteção contra os efeitos de incertezas e variabilidade nos processos, sua implantação é dada através de novos níveis de planejamento, como planos de médio e curto prazo.
- **Estrutura Analítica de Projeto (EAP):** Ferramenta primária para descrever todo escopo do projeto e sua estrutura analítica, através da subdivisão hierárquica, tem objetivo de identificar o que deve ser feito para a entrega do projeto final.

- **PDCA:** Ferramenta de qualidade utilizada no controle de processos, que tem como foco a solução de problemas, aprimorando o processo produtivo. O assunto será melhor desenvolvido no item de Gestão da Qualidade.
- **Lean Thinking:** Conceito baseado no modelo de produção- Toyotismo, ou seja, metodologia fundamentada na eliminação de desperdícios e produção com qualidade. O lean thinking é capaz de identificar e proporcionar medidas benéficas para a produtividade e melhor rendimento dos recursos na empresa.
- **Técnica de avaliação e revisão de projetos/ Método do Caminho Crítico – (Pert/ CPM):** Metodologia utilizada para determinar quanto tempo levará um projeto de construção e qual seu caminho crítico, ou seja, quais tarefas devem ser priorizadas para que não ocorram atrasos.

Existem muitas opções de ferramentas e metodologias de planejamento, todas com intuito de auxiliar na condução da obra e na tomada de decisões. Olivieri et al. (2016) destacam que o método do CPM (Critical Path Method) é conhecido por ser o modelo tradicional mais utilizado pelas construtoras.

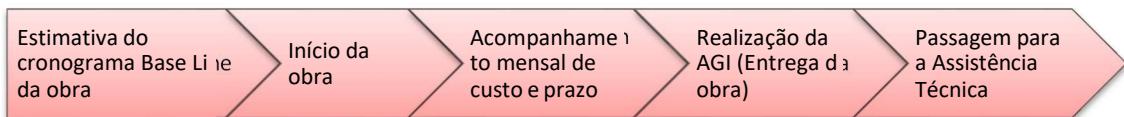
Rocha (2017) afirma que o método de planejamento do caminho crítico (CPM) estabelece a sequência das atividades críticas que devem ser concluídas nas datas planejadas, visando que o empreendimento seja finalizado no prazo programado. O método identifica a sequência executiva das atividades e todas as dependências entre elas, estimando a duração e realizando o desenho do diagrama de rede. O caminho mais longo desse diagrama é obtido e atualizado com o monitoramento do processo do projeto.

3.3.1. Sistema de planejamento Gafisa S/A

A área de planejamento da construtora e incorporadora tem a missão de planejar, controlar e garantir os custos e prazos de andamento pré-definidos no estudo de viabilidade do empreendimento, acompanhando e avaliando as obras para dar subsídio às áreas de operações e diretoria da companhia. Sua atuação começa antes

mesmo do início da obra, conforme fluxograma da figura 11, seguindo até a realização da Assembleia Geral de Instalação do condomínio (AGI).

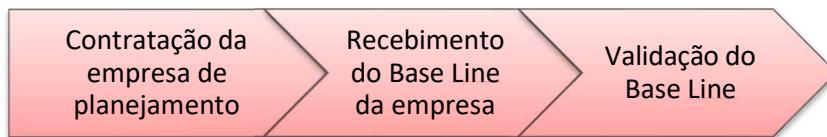
Figura 11 - Fluxograma de processos da área



Fonte: Autodoc Qualidade - Manual de Planejamento e Operações (2021)

A estimativa do cronograma “Base Line”, cronograma inicial da obra, pode ocorrer de duas maneiras distintas, a primeira quando a sua elaboração é realizada pela própria área interna de planejamento e a segunda, quando é feita com contratação de uma empresa terceira, sendo essa representada pelo fluxograma da figura 12.

Figura 12 - Fluxograma de processos para empresas terceiras



Fonte: Autor

Para definição do ciclo de obra com a empresa externa, o GETEC, que é a área técnica da construtora, envia o documento F.PLA.001¹³- Check list para a empresa terceira de planejamento, com dados básicos da obra para contratação da empresa responsável pela elaboração do cronograma, sendo possível que o mesmo seja elaborado e acompanhado pela própria área de planejamento interna. A contratação é realizada para melhor controle dos empreendimentos da construtora, que possui um volume de obras superior ao número de colaboradores da área de planejamento. Após a contratação do fornecedor, fica de sua responsabilidade o envio da linha de balanço da obra, a partir dos projetos disponibilizados.

¹³ F.PLA.001 – Documento padrão interno, utilizado para enviar aos fornecedores de planejamento com informações necessárias para criação do cronograma base da obra.

Na construtora, é muito utilizada como metodologia de planejamento a LOB (linha de balanço). Para sua validação, faz-se uma reunião entre a equipe de obras, de planejamento e a empresa terceira, onde é analisado o caminho crítico e os ciclos dos serviços para o determinado empreendimento. O prazo total validado é enviado para o GETEC, para inclusão da informação no pré-orçamento da obra.

Com a validação do prazo e custo da obra, após seu início, o empreendimento é monitorado semanalmente e mensalmente pela área de planejamento, conforme figura 13.

Figura 13 - Fluxograma do acompanhamento



Fonte: Autodoc Qualidade - Manual de Planejamento e Operações (2021)

Semanalmente o engenheiro da obra envia para a área de planejamento e controle de operações o formulário de acompanhamento semanal de prazos (F.PLA.005) contendo as informações de avanço físico da semana em questão. Essas informações são compiladas, analisadas e enviadas para a área de planejamento da construtora. Os relatórios semanais serão utilizados para compor o avanço físico total do mês, servindo de base para realização do relatório gerencial de prazo F.PLA.020 - Relatório Gerencial de Prazo SP.

Para realização do relatório gerencial de prazo da obra, mensalmente o responsável pelo fechamento físico (Empresa Terceira ou Planejamento de Operações da construtora) realiza uma visita para a coleta de dados dos serviços executados no mês. Após a Obra atingir 97% de acumulado físico, não haverá novas visitas e fechamento físico, assim como o relatório gerencial de prazo.

O gerenciamento físico e financeiro do empreendimento é realizado pelo engenheiro residente da obra. Existem dois documentos gerenciais na companhia que são utilizados pelos engenheiros para apresentar o andamento e controle da obra, o primeiro é o relatório gerencial de prazo (documento F.PLA.020) e o segundo de custo (documento F.PLA.004). O relatório gerencial de custo apresenta o incorrido

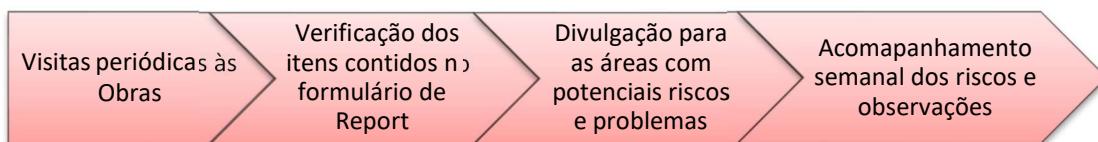
financeiro do mês atual e a previsão de gasto para os próximos meses. O relatório de prazo apresenta o avanço físico do mês atual e a projeção de serviços a serem executados nos próximos meses.

No início de cada mês o engenheiro responsável pela obra envia os relatórios gerenciais de custo e prazo para a área de planejamento, que irá analisar e consolidar as informações de todas as obras da empresa. Após consolidação, é realizada a reunião de entrega de previsão (financeira e física) com engenheiros, gerente geral, suprimentos, diretoria e a área de planejamento de operações, no qual, os assuntos discutidos na reunião são: andamento das atividades, contratações, custo e prazos, resultados, riscos, entre outros. Após finalização das reuniões são enviadas as atas para as partes interessadas. Posteriormente a compilação das informações será apresentada em reunião com a diretoria.

A fim de manter o planejamento em linha com o que foi inicialmente estabelecido, mensalmente a área de planejamento de operações, visita a obra para discussão dos pontos que impactaram e podem gerar impactos no andamento da obra. Os assuntos abordados são passados para um documento padrão da empresa que tem como objetivo fornecer visibilidade da gestão de processos, avaliação e suporte operacional. O Report é realizado através do documento F.PLA.014 – Report de obras, onde são apontados os principais itens de prazo, custo e suprimentos verificados na obra naquele período. Com a definição de todos os pontos da obra e realização do relatório, o mesmo é enviado via e-mail para as áreas envolvidas.

Seguindo o fluxograma do Report (figura 14), é realizado o acompanhamento dos apontamentos levantados na reunião, os riscos e observações que foram sinalizados como resolvidos são retirados do relatório e os que ainda não foram solucionados são atualizados.

Figura 14 - Fluxograma do report



Fonte: Autodoc Qualidade - Manual de Planejamento e Operações (2021)

3.3.2. Sistema de planejamento para fachada leve na obra

A construtora decidiu que para o empreendimento estudado seria contratado uma empresa terceira para realizar o acompanhamento físico da obra. No inicio da construção, o Base line foi recebido da empresa terceira pela equipe de planejamento da construtora, através de uma linha de fluxo, e realizado a reunião de validação do cronograma. A validação do cronograma se deu quando a fachada ainda seria executada em revestimento argamassado, com a implantação do sistema leve houve uma nova atualização do cronograma com os novos ciclos de atividades.

Os projetos executivos foram revisados com antecedência para não impactar na validação e execução do serviço. Após a elaboração dos projetos pelo fornecedor, eles foram apresentados à equipe de engenharia e discutidos todos os detalhes para produção. Ao se realizar a compatibilização com as demais disciplinas, foi necessários outras adaptações de projeto.

Para dar inicio as atividades, primeiro foi realizado o mapeamento estrutural da fachada. Com o posicionamento dos arames, mapeamento realizado e assinado pelo gestor da obra, e as regularizações realizadas, o serviço iniciou conforme cronograma estabelecido em reunião. A execução da estruturação da fachada iniciava após o serviço de regularização de estrutura principal da edificação. As etapas de posicionamento da membrana impermeável e plaqueamento externo foram executadas em dois pavimentos simultâneos, e o plaqueamento interno, só era liberado após a conferência de todo o serviço elétrico e hidráulico por parte da equipe de engenharia da obra.

3.4. SISTEMA GESTÃO DE QUALIDADE

. O desenvolvimento da construção civil está ligado às novas tecnologias e inovações presentes na atualidade, o que contribui para modernização e qualificação do setor. Junto a sua expansão, houve aumento na concorrência das empresas construtoras e no nível de exigência dos clientes. Cupertino e Brandstetter (2015)

afirmam que para obter um diferencial no mercado, as construtoras passaram a priorizar a satisfação dos clientes.

Como as mudanças são constantes e inevitáveis no setor da construção civil, as empresas precisam estar preparadas para novas adaptações, acompanhando as tendências, buscando por inovações e conhecendo as principais soluções e metodologias menos tradicionais. Na atual realidade e com os avanços tecnológicos, mudanças e inovações são necessárias para as empresas.

Desta forma, as empresas estão buscando ferramentas de gestão que contribuem para o desenvolvimento de seus produtos, permitindo em um mercado competitivo, maior eficiência em seus resultados (OKAMOTO, SALERNO, MELHADO, 2014).

Luz, Carvalho e Cavalcanti (2015) destacam a importância da implantação de sistemas e ferramentas de qualidade na construção civil. Redução do desperdício de materiais e otimização do trabalho produtivo são fatores que contribuem diretamente para a saúde financeira da empresa, sendo assim, a implementação do sistema é justificada.

Um sistema de gestão de qualidade (SGQ) bem estruturado permite as empresas uma melhor prestação de serviço organizacional e operacional. Com a intenção de criar padronização e garantia de qualidade dos materiais e serviços, a International Organization for Standardization (ISO) criou a norma ISO 9001, estabelecendo critérios necessários de atendimento para que uma organização se enquadre em seu padrão de qualidade. (MARIN, 2012).

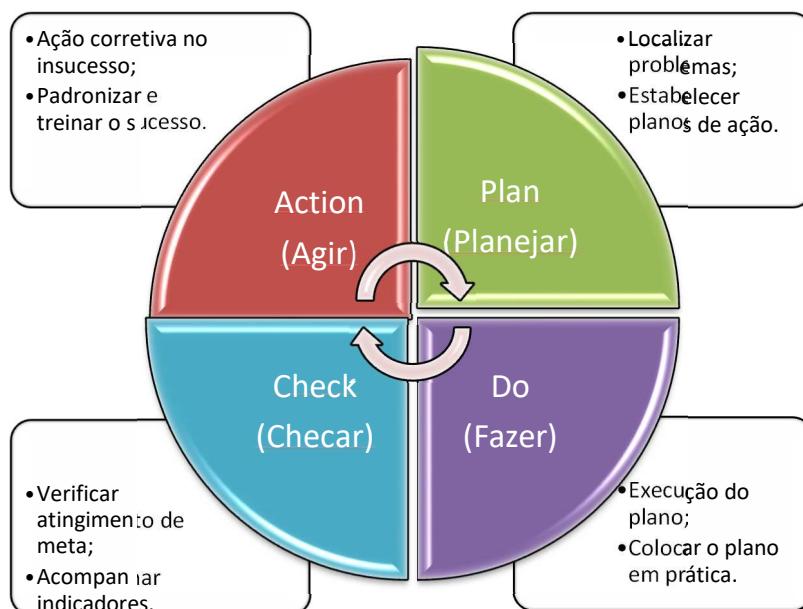
O sistema de gestão da qualidade é um fator chave de sucesso para as organizações, sua aplicação adequada na construção civil permite a entrega de produtos de melhor qualidade e maior eficiência nos processos internos das empresas. Cardoso (2017) afirma que o SGQ é uma constante melhoria dos processos e produtos, sendo assim, entende-se o sistema como um conjunto de ações que colaboram para melhorar a qualidade desses produtos e/ou serviços.

A norma ISO 9001 requer que a organização planeje e gerencie os processos necessários para a melhoria contínua do seu sistema de gestão da qualidade, e essa

filosofia do melhoramento contínuo tem sua melhor representação no ciclo PDCA, que, além disso, garante a conclusão de um projeto através da observação dos custos, prazos e escopo.

Cardoso (2017) afirma que por definição, o ciclo PDCA, ilustrado na figura 15, é um método gerencial utilizado na melhoria contínua nos processos de gestão de uma empresa. Ele contempla quatro etapas: primeiramente iniciado pelo planejamento das ações P (Plan), onde são estabelecidos os objetivos e os processos a serem adotados para se obter o resultado; em seguida o D (Do) com a implantação do que foi planejado; depois o C (Check) quando há o monitoramento do processo e identificação das possíveis falhas não previstas inicialmente e, por fim, o A (Action), quando cria ações para melhorar o desempenho, qualidade e eficácia do ciclo conforme necessário.

Figura 15 - Ciclo PDCA



Fonte: Autor

3.4.1. Sistema de qualidade Gafisa S/A

O Manual da Qualidade da construtora é um documento normativo de nível estratégico, que determina as diretrizes do Sistema de Gestão da Qualidade da empresa. Seu objetivo é garantir a manutenção e melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade, implantado segundo os critérios estabelecidos no Nível A do SiAC – Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil, atendendo também às exigências da NBR ISO 9001.

A empresa destina os recursos para o SGQ conforme as necessidades de investimento detectadas pela análise crítica da diretoria. Esses podem estar relacionados a treinamentos, pessoal, equipamentos, infraestrutura, ambiente de trabalho, contratações de empresas especializadas, entre outros.

Os recursos para o sistema de qualidade relacionados ao processo de execução de obras são determinados no documento F.GST.004 - Plano de Qualidade da Obra (PQO), o qual conecta os elementos genéricos do sistema da qualidade da empresa com os requisitos específicos de um determinado empreendimento ou contrato. O PQO além de definir a estrutura organizacional da equipe de engenharia da obra para a qualidade, também abrange os controles específicos necessários aos serviços e materiais da obra, aos aspectos relacionados à segurança e saúde ocupacional, tratamento de resíduos sólidos e líquidos da obra e layout do canteiro. Cada obra da empresa é objeto de um plano da qualidade específico.

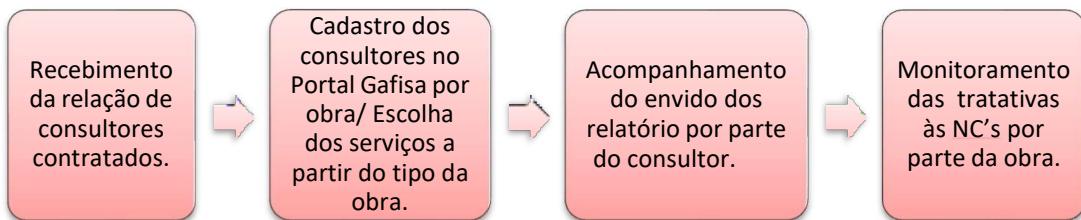
Para realizar o controle de execução dos serviços em obra, a empresa identificou os serviços que mais influem na qualidade de suas obras e mantém os procedimentos documentados nas ETs, para que estes sejam executados em condições controladas. As inspeções dos serviços são realizadas em fases consideradas críticas para o prosseguimento das etapas de produção através de formulários padronizados (elaborados com base em normas técnicas e/ou na experiência da equipe técnica da empresa) denominados fichas de verificação (FV). Nestes formulários são registrados os resultados das inspeções, possibilitando a identificação da liberação do serviço e dando prosseguimento à etapa seguinte.

Mensalmente é realizada a auditoria interna de qualidade nas obras, cada auditoria tem sua nota final dada pela composição das notas de (1) fluxo de serviços, (2) procedimentos de execução, (3) logística e (4) gestão. Os meses vigentes de

auditorias são de fevereiro a dezembro, totalizando 11 meses de auditorias por ano. As avaliações do mês podem, de acordo com a disponibilidade da agenda dos auditores, ser realizadas até a primeira semana do mês seguinte.

Para cada empreendimento da empresa, é necessário a contratação de consultores para o acompanhamento de serviços específicos, como: fundação, impermeabilização, fachada, piscina, elevadores, esquadrias e quando a obra é de alto padrão, mármores e granitos. A gestão dos consultores está ilustrada na figura 16.

Figura 16 - Fluxograma para consultor de obra



Fonte: Autodoc Qualidade (2021)

A gestão dos consultores é realizada pelo monitoramento dos itens que são apontados nos seus respectivos relatórios. A área de Gestão, Processos e Qualidade recebe a relação das empresas de consultoria de cada obra para realizar o cadastramento no Portal Gafisanet. Após o cadastro, os consultores estão aptos a visitar as obras e elaborar relatórios no Portal, conforme figura 17, com os apontamentos e orientações que julgarem necessários. Todo item que for apontado como “Não-Conforme” deve ser respondido pela equipe de obras com a devida tratativa. A área da Gestão, Processos e Qualidade confere os apontamentos e respostas durante as auditorias mensais, a fim de garantir a execução das eventuais correções necessárias e eficácia das mesmas.

Figura 17 - Portal dos consultores

Moov Belém > Contratos 10

	Status	Liberação	Consultor	Contrato	Obra / Regional
▼	Ativo	Em Andamento	Capela	Piscina	Moov Belém São Paulo
▼	Ativo	Em Andamento	Saint Gobain	Fachada	Moov Belém São Paulo

Fonte: Portal Gafisa

Após a validação e aceite de todos os serviços controlados pelos consultores, garantindo que a execução das atividades está em conformidade com o procedimento, é que será considerado finalizada a obra e o empreendimento estará apto para a convocação da Assembleia.

Inovar na construção civil somente é viável quando o bom planejamento e a gestão de qualidade estão atrelados ao processo. Essa relação interfere na performance do que se quer inovar. Desta forma, verifica-se a importância do acompanhamento do que foi planejado através de indicadores desenvolvidos para analisar sua eficácia, o que é fundamental na tomada de decisões quando necessárias e, quanto mais cedo se puder intervir melhor será o resultado desejado.

3.4.2. Sistema de qualidade para o sistema de fachada leve na obra.

O controle e acompanhamento do sistema de fachada leve foi tratado como uma especificidade dentro da construtora. Com a cultura de possuir um procedimento específico para cada serviço dentro da obra, a equipe de engenharia precisou estabelecer uma maneira diferente para garantir a qualidade da atividade de fachada. Essa particularidade foi evidenciada no PQA da obra.

Com a mudança do sistema, os projetos executivos precisaram ser revisados e atualizados na plataforma de gerenciamento de projetos utilizado pela construtora. O fornecedor de mão-de-obra contratado para executar a fachada, também desenvolve projetos executivos aplicados ao sistema de fachada leve estruturado em

LSF, desta forma, ficou de sua responsabilidade essa atualização. Após análise e alinhamento de todos os detalhes específicos da fachada, os projetos foram disponibilizados à equipe de engenharia da obra, para que pudessem ser utilizados no acompanhamento do serviço.

A equipe de engenharia, presente diariamente na obra, realizava o acompanhamento do serviço a fim de manter a rastreabilidade e padrão de qualidade, mas para as auditorias de qualidade realizadas mensalmente, os relatórios de consultoria que tinham validade. O documento servia de registro, e quando necessário, as tratativas das não conformidades também eram evidenciadas.

A empresa Saint-Gobain teve atuação direta no controle de qualidade do sistema na obra. Contratada para prestar serviço de consultoria, para a obra Moov Belém foi designado um engenheiro representante da empresa, responsável por realizar os treinamentos e conferências durante a execução do serviço. O método de acompanhamento será melhor detalhado no estudo de caso em “acompanhamento técnico”.

Se tratando de fachada convencional, é tido como procedimento padrão na construtora, a realização de pano teste para os ensaios de resistência a tração, superficial e de umidade no chapisco e emboço, procedimento é utilizado para aprovação do traço da argamassa de revestimento. Para o sistema leve em chapas delgadas, não são realizados esses testes, porém são exigidos do fornecedor os laudos que atestam a qualidade do sistema, tais como: segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho acústico, higrotérmico, manutenibilidade e durabilidade, esses ensaios são verificados pelo consultor.

4.0. ESTUDO DE CASO

4.1. APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento analisado como estudo de caso (figura 18) está localizado no bairro do Belém, zona leste de São Paulo e está muito próximo da estação do metrô Belém – 3 minutos a pé. (figura 19).

Figura 18 - Foto da Fachada (Moov Belém)



Fonte: <https://www.gafisa.com.br/imoveis/residencial/moov-belem>

Figura 19 - Localização próxima à estação Belém



Fonte: Google Maps.

O empreendimento residencial possui 434 unidades. Há seis opções de planta para as unidades de 23 m² e duas opções de planta para as unidades de 37 m²: uma com dois dormitórios e a outra com um dormitório. O edifício possui uma área equivalente¹⁴ de 21.687,84 m² e de 19.531,50 m² de área construída¹⁵, distribuídas em 28 pavimentos (térreo + 27 pavimentos). O edifício oferece área de lazer com fitness, bicicletário, lavanderia, espaço Moov e funcional para atividades físicas, piscina, solarium, playground, pet place, churrasqueira e mini market.

4.2. CONCEPÇÃO INICIAL DO PROJETO DA FACHADA

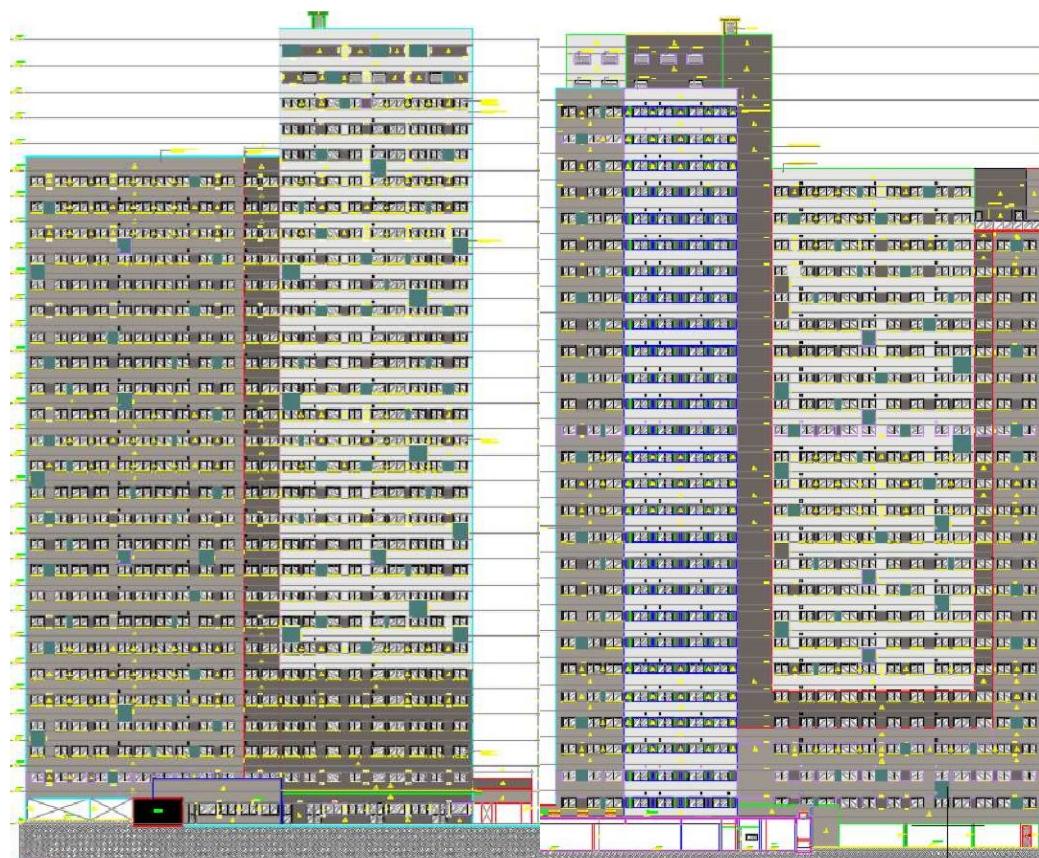
As tecnologias visadas desde a concepção do projeto foram: sistema convencional de estrutura reticulada em concreto, *drywall* para as vedações internas dos apartamentos, alvenaria de blocos de concreto para as vedações externas, também para as vedações de entrada das unidades e o perímetro da caixa de escada do empreendimento.

¹⁴ Área equivalente: somatória de todas as áreas a construir ponderadas por um fator em função do custo de cada ambiente. Utilizado para se obter o valor total da construção.

¹⁵ Área construída: resultado da soma de todas as áreas dos pavimentos cobertos de uma edificação medidos pelo seu perímetro externo.

Inicialmente, o sistema de fachada seguiria o sistema convencional, alvenaria de blocos de concreto com revestimento argamassado. O preparo da argamassa seria realizado em obra e haveria aplicação de massa texturizada conforme projeto específico de fachada (figuras 20, 21 e 22).

Figura 20 - Fachada frontal e posterior



Fonte: Disponível no site do Autodoc projetos, 2021.

Figura 21 - Fachada lateral direita e esquerda



Fonte: Disponível no site do Autodoc projetos, 2021.

Figura 22 - Especificação do revestimento de fachada

REVESTIMENTOS DE FACHADA:	
	MASSA TEXTURIZADA - ROLADA AMASSADA - COR BRANCA
	MASSA TEXTURIZADA - ROLADA AMASSADA COR VEU COD. 00NN53/000 - CATÁLOGO DE TINTAS CORAL - LANGUAGE OF COLOURS
	MASSA TEXTURIZADA - ROLADA AMASSADA COR COSMOS 00NN16/000 - CATÁLOGO DE TINTAS CORAL - LANGUAGE OF COLOURS
	MASSA TEXTURIZADA - ROLADA AMASSADA COR CONEXÃO VERDE 78GG19/160 - CATALOGO DE TINTAS CORAL - LANGUAGE OF COLOURS
	MASSA TEXTURIZADA - ROLADA AMASSADA COR GRAFITE - CATALOGO DE TINTAS CORAL - LANGUAGE OF COLOURS

Fonte: Disponível no site do Autodoc projetos, 2021.

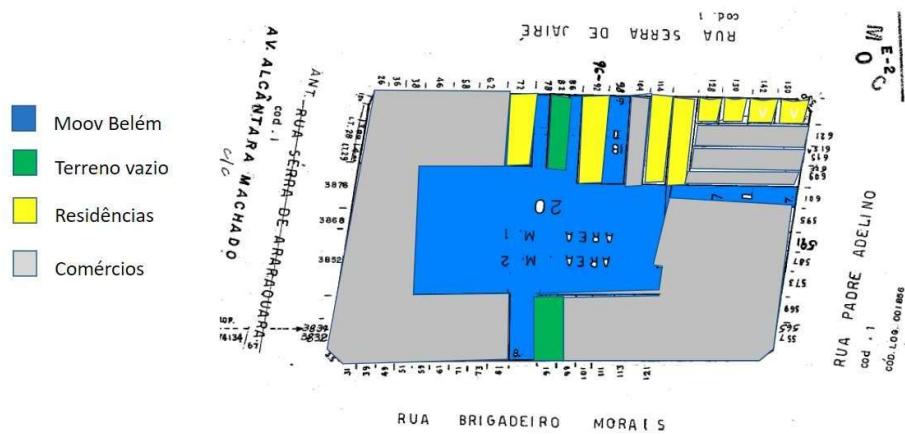
4.3. MOTIVOS PARA A MUDANÇA DE TECNOLOGIA DE FACHADA

A mudança da tecnologia de execução da fachada foi reflexo do atraso do empreendimento, que sofreu paralisação em sua fase inicial, e tinha a tendência de ultrapassar o prazo de carência dado ao cliente.

Graças à nova mentalidade de direção da engenharia, a busca por inovações tem se tornado um ato rotineiro na empresa. Comparado aos sistemas executados atualmente pela empresa, a implantação da fachada leve seria uma nova metodologia de vedação vertical externa e que estaria disponível para execução de novos empreendimentos. Além disso, a alternativa pelo novo sistema de produção de fachada possibilitaria a redução do prazo da obra, evitando multas à empresa construtora.

Outros fatores foram importantes na tomada de decisão, como a localização do empreendimento e os possíveis impactos que o mesmo poderia gerar no meio externo. No entorno do empreendimento existem comércio, residências e estação de metrô o que gera alto fluxo de circulação de pessoas, requerendo, portanto, maior atenção quanto à execução das atividades no canteiro de obra, para se evitar qualquer dano patrimonial e também às pessoas que circulam ao redor. (Figura 23).

Figura 23 - Locação do empreendimento



Fonte: Equipe Moov Belém - Gafisa S/A

Nesse sentido, a opção pelo sistema leve de fachada se fez vantajosa quando comparada ao sistema em argamassa projetada previsto inicialmente para o Moov Belém, para minimizar a projeção dos resíduos. Mesmo com a utilização de tela fachadeira¹⁶, que não inibe por completo a possibilidade de atingir algum estabelecimento ou uma pessoa.

O prazo de obra precisa ser acompanhado minuciosamente pela equipe executora, pois o atraso da entrega pode acarretar multas para as construtoras e incorporadoras, sendo que serviços críticos precisam ser analisados e estudados para que sua execução aconteça da maneira prevista. No empreendimento estudado, a execução da fachada estava no caminho crítico da obra estimado em 4 meses de duração para que a etapa fosse concluída. A opção de mudança do sistema de execução traria a possibilidade de redução desse prazo. A avaliação de prazo será tratada em item específico neste capítulo.

Além do impacto ao entorno do empreendimento e o prazo da obra, a fachada leve possibilitaria um alívio na utilização dos equipamentos verticais, devido a redução do número de trabalhadores no canteiro e também do menor volume de insumos utilizados para vedação vertical externa, como é o caso da alvenaria e a mistura dos agregados de areia, cimento, cal e água para o sistema convencional de revestimento externo, o emboço. Desta forma, o ciclo produtivo das atividades dentro do canteiro teria um potencial ganho benéfico.

Por fim, o impacto ao meio ambiente. A construtora com a implantação do ESG solidifica sua intenção em preservar o âmbito sustentável, e passará a atuar com essa mentalidade para os próximos anos. A opção de fachada leve estruturada em LSF traduz assim o cenário interno, sua execução a seco contribui para redução dos impactos ambientais.

¹⁶ **Tela Fachadeira:** Tela de proteção de fachadas e andaimes dos edifícios em construção. Produzida em polietileno.

4.4. APRESENTAÇÃO DOS FORNECEDORES

A Saint-Gobain é a empresa responsável pelo acompanhamento técnico na execução da fachada e também participou da negociação comercial para o fornecimento de material à IDEA (fornecedor de mão de obra), a fim de firmar uma parceria entre as duas empresas e disseminar a metodologia de realização de fachada leve na construtora e incorporadora.

A empresa foi fundada na França em 1665 durante o reinado de Luís XIV, como uma fábrica de espelhos de vidro, tendo sua primeira unidade de produção em um pequeno vilarejo no nordeste do reino, de onde recebeu o nome: Saint-Gobain.

Com um território de dimensões continentais, uma crescente urbanização e grande necessidade de infraestrutura, o Brasil faz parte hoje dos cinco mercados mundiais mais importantes para a Saint-Gobain, são 79 anos de atuação em território nacional. O grupo possui cerca de 17 mil funcionários diretos e indiretos, com portfólio de 57 fábricas, 43 centros de distribuição, 10 mineradoras, 40 lojas, 23 escritórios comerciais e 1 centro de pesquisa e desenvolvimento.

Para o sistema de fachadas leves estruturado em LSF o grupo Saint-Gobain tem como agentes as empresas Brasilit e Placo. No empreendimento do estudo de caso foi implantado o sistema com a chapa Glasroc X (chapa de gesso).

A empresa IDEA SISTEMAS CONSTRUTIVOS EIRELI foi responsável pelo fornecimento do projeto executivo do sistema de fachada leve e da mão-de-obra de execução. O contrato de material e mão de obra foi fechado com a IDEA.

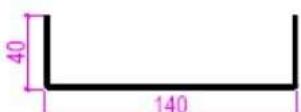
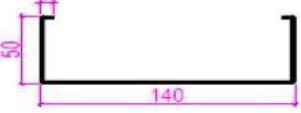
A empresa é também conhecida por desenvolver os projetos executivos para construtoras e incorporadoras com mão de obra própria e treinada para execução do serviço de drywall e também de fachada leve estruturadas em LSF.

Fundada em 2004 e sediada em Itatiba - SP, a empresa é pioneira em construção a seco no Brasil e atualmente está presente em 11 estados, com mais de 1 milhão de metros quadrados construídos.

4.5. COMPONENTES UTILIZADOS

O sistema de fachada neste empreendimento é estruturado por perfis de aço galvanizado de espessuras 0,80 mm a 2,50 mm, possui abas de 40 mm para as guias e 50 mm para os montantes e sua largura é de 140 mm conforme tabela 6.

Tabela 6 - Dimensões das guias e montantes

ELEMENTO	DIMENSÃO
Guia 140	
Montante 140	

Fonte: Autor

Para o fechamento externo, foram adotadas chapas Glasroc X. Trata-se de chapa de gesso produzida com aditivos e revestida em suas duas faces por véu de vidro e composto polimérico, o que traz resistência necessária para ser aplicada em áreas externas sujeitas à ação de intempéries. A leveza do componente, facilidade de manuseio e de corte da chapa foram características determinantes para sua escolha. As chapas foram instaladas com juntas de dilatação a cada 6000 mm ou nos encontros com pilares, vigas e lajes da estrutura existente. O tratamento das juntas foi realizado com silicone estrutural seguindo procedimentos do fabricante.

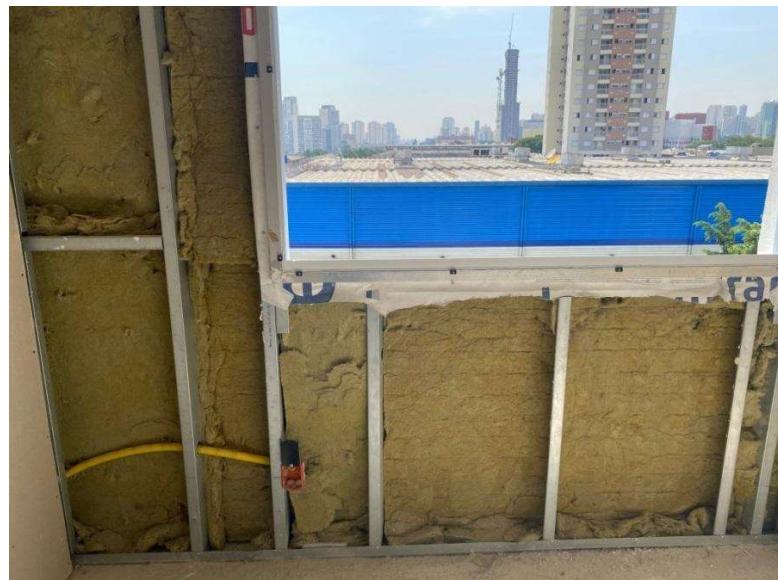
Para os fechamentos do lado interno, foram utilizadas dupla camada de chapas de drywall resistente ao fogo (RF) e para áreas úmidas, chapas que apresentam maior tempo de resistência ao fogo e à umidade (RUF).

O chapeamento do drywall com as chapas RF foram executados somente quando o fechamento externo estivesse concluído, desta forma as chapas não seriam danificadas devido à incidência de chuvas.

Como barreira de vapor, foi utilizado o tecido semipermeável tipo Tyvek Home Wrap que funciona como uma capa protetora contra água e vento ao sistema de fachada leve.

Como isolante térmico, no interior da vedação externa, conforme figura 24, foi utilizada lã de rocha que tem função de compartimentação e isolamento dos pavimentos em caso de incêndio. É recomendado a colocação de lã de rocha de densidade de 48kg/m³, ou conforme orientação do projetista.

Figura 24 - Aplicação de lã de rocha no interior das vedações de fachada



Fonte: Autor

4.6 MÉTODO DE INSTALAÇÃO

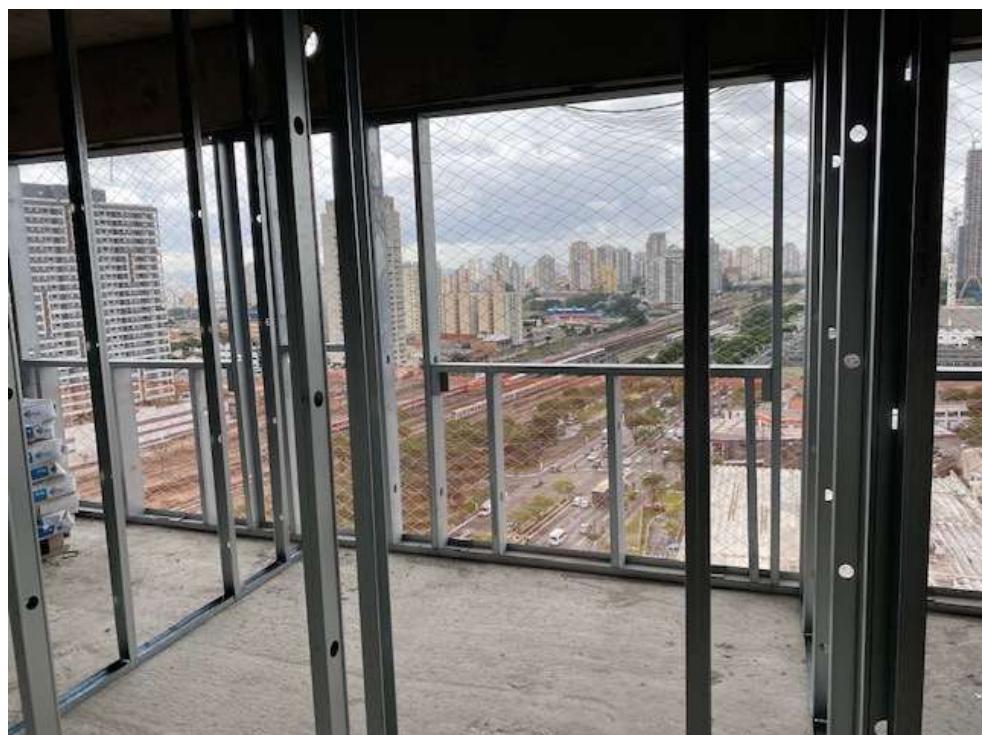
Para execução do sistema de fachada leve foi utilizado o método embutido. Nesse método, os painéis são montados na parte interna dos quadros da estrutura conforme figuras 25 e 26.

Figura 25 - Utilização do método embutido de montagem dos painéis de LSF



Fonte: Autor.

Figura 26 - Vista interna da montagem pelo método embutido



Fonte: Autor.

Para iniciar a execução do sistema, deve-se realizar o mapeamento estrutural da fachada posicionando-se os arames para mapeamento. Nos panos onde houverem furos nas vigas previstos para instalação dos terminais de fachada (grelha de exaustão do banheiro, exaustor do aquecedor e exaustor do fogão) deve-se posicionar os arames na prumada dos furos a fim de se verificar o alinhamento dos mesmos. Caso seja detectado problemas de alinhamento a equipe de Engenharia deverá ser comunicado para que a furação seja corrigida.

Os arames posicionados na prumada dos furos passantes deverão ser mantidos de modo a garantir o alinhamento das requadrações dos furos. O mesmo procedimento deve ser realizado nos vãos de janelas, devendo o arame ser mantido a fim de se verificar o alinhamento dos vãos de janelas.

A montagem dos quadros da estrutura em perfis galvanizados foi realizada inteiramente em cada pavimento a ser fechado externamente (figura 27).

Os quadros de LSF foram fixados na estrutura de concreto armado de maneira que os perfis de aço galvanizado apresentavam no máximo 1/3 de sua largura em balanço, em média quatro centímetros (figura 28).

A estrutura em concreto da obra foi conferida no seu processo de execução de modo a não apresentar grandes diferenças de desaprumo entre lajes. Sendo assim, a dimensão em balanço do quadro formado pelos perfis galvanizados, representava o quanto se poderia suprir essas diferenças, fazendo com que a fachada ficasse em alinhamento após sua finalização.

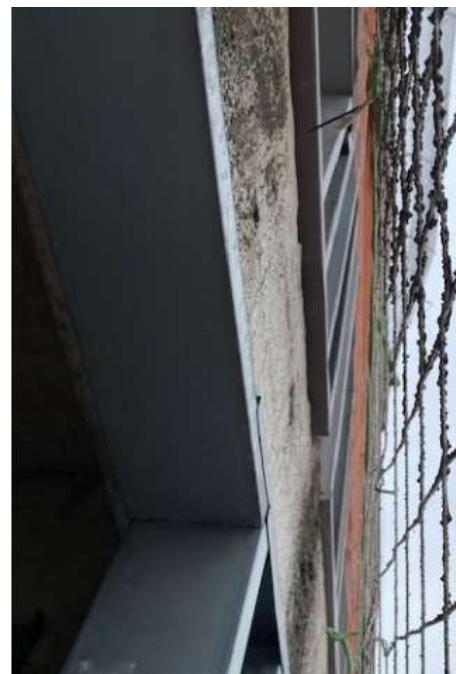
A execução da estrutura em perfis do drywall, sistema utilizado para as vedações internas, foi executada simultaneamente com as estruturas em perfis das vedações externas da fachada. O posicionamento e fixação dos guias e montantes eram finalizados, conferidos pela equipe de campo da construtora e liberados para execução do chapeamento.

Figura 27 - Montagem dos quadros em LSF e montagem do drywall simultaneamente



Fonte: Autor

Figura 28 - Balanço do quadro em LSF em relação à estrutura em concreto



Fonte: Autor

O perfil guia inferior foi fixado diretamente na laje sobre fita de isolamento acústico. O perfil guia superior foi fixado na face inferior da viga. Ambas as fixações foram realizadas por chumbadores e parafusos (figura 29).

Já os perfis montantes foram posicionados conforme o caderno de detalhes da parede em execução, Os montantes devem ser encaixados nas guias inferiores e superiores e espaçados no máximo a cada 600 mm com a parte inferior fixada na guia através de parafusos auto-brocantes e na guia superior, apenas encaixada respeitando aproximadamente um centímetro de folga da guia para evitar transmissão de cargas devido a deformação da estrutura, o que geraria deformações nos perfis e possíveis patologias no sistema. Os montantes devem ser encaixados nas guias inferiores e superiores e espaçados no máximo a cada 600 mm.

Figura 29 - Fixação da guia na laje



Fonte: Autor

4.6.1 Instalação da barreira de vapor

Após a execução da estrutura do LSF, foi iniciada a etapa de instalação da barreira impermeável à água e permeável ao vapor. O Tyvek Home Wrap é uma membrana de proteção contra intempéries que impede a infiltração de água e o acúmulo de umidade no interior das paredes. Além disso, aumenta a eficiência do isolamento térmico. O Tyvek é fixado com parafusos do tipo lentalha e ponta broca a cada 400 mm de modo que a membrana fique instável e esticada sobre a estrutura. A membrana é posicionada em faixas na direção horizontal e fixada na parte externa dos perfis sobrepondo a projeção dos perfis e também das esquadrias, de modo a

cobrir todo o vão no qual serão instaladas as esquadrias. Depois de fixada nos perfis, a membrana foi cortada no vão das esquadrias de modo que o corte formasse um “X” no vão, possibilitando que os recortes dos quatro lados pudessem ser dobrados e fixados na parte interna da estrutura (figura 30). A sobreposição de membrana foi colada com a fita Tyvak Tape, o transpasse entre as membranas deve seguir a recomendação do projetista.

Existe um ponto de atenção com relação a fixação e preservação da membrana impermeável, em dias de chuvas e ventos mais elevados ficam sujeitas a fragilidade e quando não bem instaladas podem soltar.

Finalizada a fixação da membrana, se iniciava o plaqueamento externo com a placa de gesso. Ambas as operações são feitas com balancim.

A fixação das placas é feita com parafusos GRX, com o espaçamento de no máximo 150mm entre os parafusos e no mínimo a 10mm das bordas das placas. No encontro entre placas, a fixação dos parafusos deve ser realizada de forma desencontrada e aplicada em “zigue-zague”, conforme figura 31.

Figura 30 - Instalação do Tyvek Home Wrap



Fonte: Autor

Figura 31 - Detalhamento dos parafusos



Fonte: Engenheiro responsável da obra

Conforme detalhes da figura 32, o espaçamento mínimo entre as placas de gesso deve ser de no máximo 3mm, também deve-se considerar juntas de dilatação vertical e horizontal a cada 15m de plaqueamento ou conforme orientação do projetista, também deve constar em projeto executivo, que terá variações de acordo com a necessidade da obra.

Figura 32 - Detalhe das juntas



Fonte: Engenheiro responsável da obra

4.7 TRATAMENTO DAS ESQUADRIAS

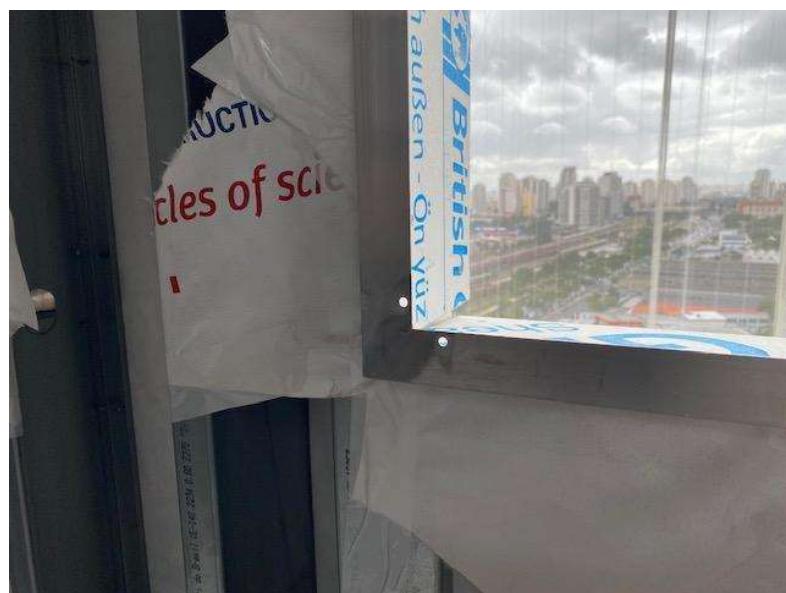
As esquadrias requerem maior atenção quanto à estanqueidade, pois qualquer infiltração prejudica o desempenho do sistema de fachada e facilita na geração de patologias.

Para garantir maior vedação contra água e melhor acabamento das esquadrias, houve duas importantes mudanças com relação ao projeto inicial. A primeira foi a adaptação da cantoneira metálica utilizada como um contra-marco de alumínio comum, sua diferença neste caso era a solda, que vinha diretamente de fábrica na junção de 45º entre os perfis conforme figura 33.

A segunda mudança foi à troca do peitoril em granito por uma chapa em alumínio, cuja instalação era realizada após aplicação de uma camada de argamassa que dava cimento ao peitoril.

A esquadria de alumínio foi parafusada na cantoneira metálica e vedada com silicone conforme especificação em projeto. Além dessas mudanças, também foi especificado uma pingadeira em PVC. Esses detalhes estão representados nas figuras 34 e 35.

Figura 33 - Encontro soldado da cantoneira metálica



Fonte: Autor

Figura 34 - Camada de argamassa para cimento que será revestida com chapa de alumínio



Fonte: Gerente da obra

Figura 35 - Chapa em alumínio instalada formando o peitoril

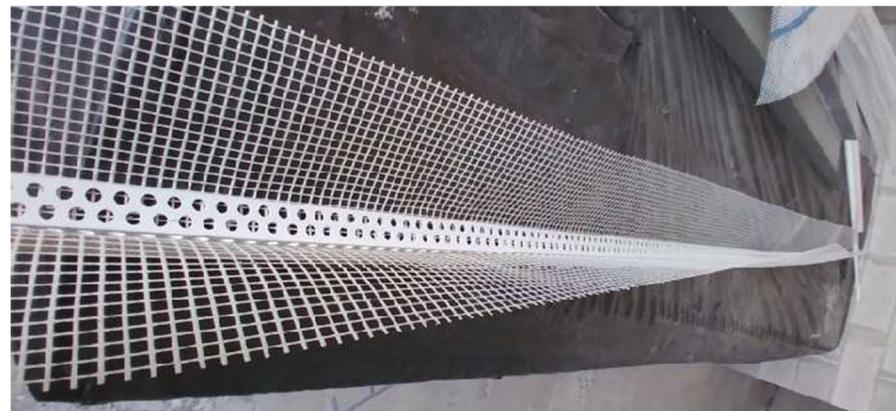


Fonte: Autor

Na aresta superior do requadro das esquadrias foi utilizada uma proteção para contribuir com a não percolação de água de chuva. A aplicação da pingadeira é realizada antes da fase de acabamentos, pois o produto conta com uma tela em PVC

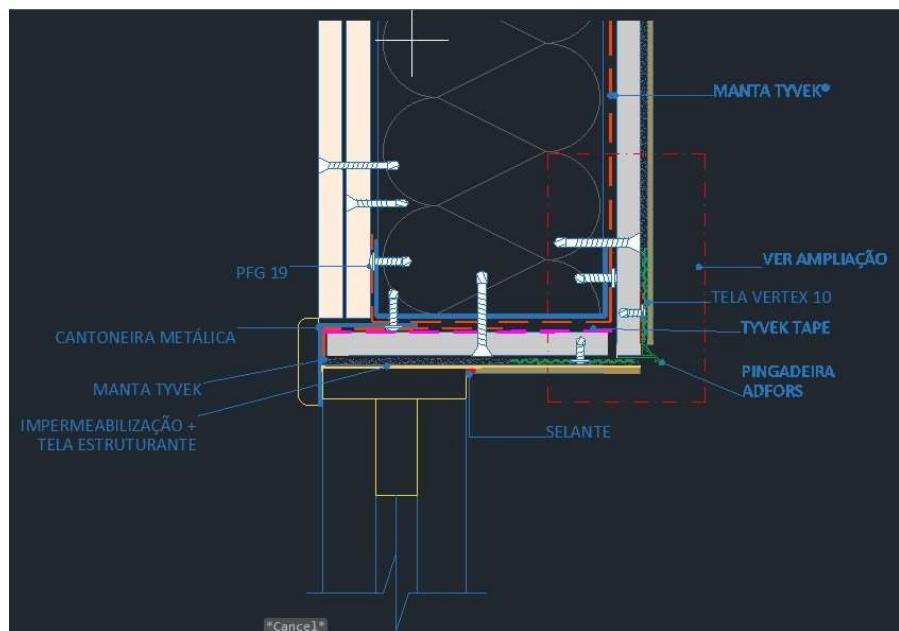
que será fixada sob o acabamento (figura 36). Esse produto também está indicado como “pingadeira ADFORS” no corte da esquadria com a vedação (figuras 37 e 38).

Figura 36 - Pingadeira em PVC



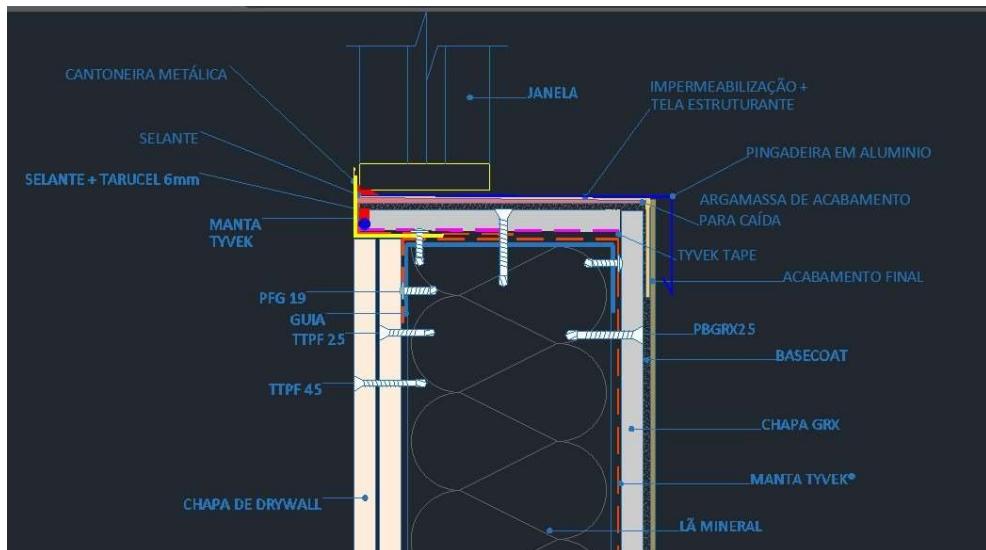
Fonte: Gerente da obra

Figura 37- Interface da esquadria com a vedação externa (superior da esquadria)



Fonte: Disponível no autodoc Projetos, 2021

Figura 38 - Interface da esquadria com a vedação externa (inferior da esquadria)



Fonte: Disponível no autodoc Projetos, 2021

4.8 INSTALAÇÕES PREDIAIS E FINALIZAÇÃO DO CHAPEAMENTO

Na execução da distribuição elétrica em uma vedação de blocos de concreto e/ou cerâmicos, o eletricista precisa acompanhar a marcação da alvenaria para colocar os conduítes elétricos (flexíveis) que servirão de base para alimentação de tomadas e interruptores. O acompanhamento é importante para não danificar a alvenaria com cortes e quebras desnecessários após sua finalização.

O sistema de vedação interna e externa utilizado no empreendimento facilitava a equipe de instalações elétricas a realizarem a distribuição dos conduítes e fixações das caixas de luz dos apartamentos. O fechamento das paredes, ou seja, o chapeamento interno somente é liberado após a conferência da atividade de distribuição elétrica pela equipe de campo da construtora, sendo esta etapa liberada, a equipe de mão de obra do chapeamento finaliza o serviço com o fechamento das chapas e tratamento das juntas e parafusos com a massa Placojoint PR2 da Placo ou similar indicada pelo fabricante, conforme imagens 39 e 40.

Figura 39 - Utilização de chapa RF no lado interno da vedação



Fonte: Autor

Figura 40 - Aplicação da massa de tratamento de juntas entre as chapas e parafusos



Fonte: Gerente da obra

4.9 ACABAMENTOS

Em relação à estrutura, a mudança pelo sistema de fachada leve não resultou em alteração estrutural, desta forma, a obra seguiu respeitando o projeto inicial de estrutura e posteriormente na etapa de chapeamento houve adaptação na viga de borda para facilitar o acabamento, o detalhe seguiu como uma especificidade

arquitetônica nos dormitórios, aparentando um cortineiro acima das esquadrias conforme imagem 41.

Figura 41 - Unidade finalizada e vista da saliência da viga de borda sobre a esquadria



Fonte: Autor

Após a finalização do plaqueamento, inicia-se o acabamento externo pelo tratamento de juntas, realizado com o auxílio de uma desempenadeira de aço inoxidável, onde é aplicada uma camada de basecoat sobre as juntas no sentido de baixo para cima. Em seguida, aplica-se a malha GRX de 100 mm por cima do basecoat entre as juntas (figura 42), com pressão sua aplicação deve ter o auxílio de uma desempenadeira lisa, com intuito de introduzir a malha na massa. Finalizado esta etapa, deve-se retirar o excesso para realizar posteriormente, o recobrimento da malha.

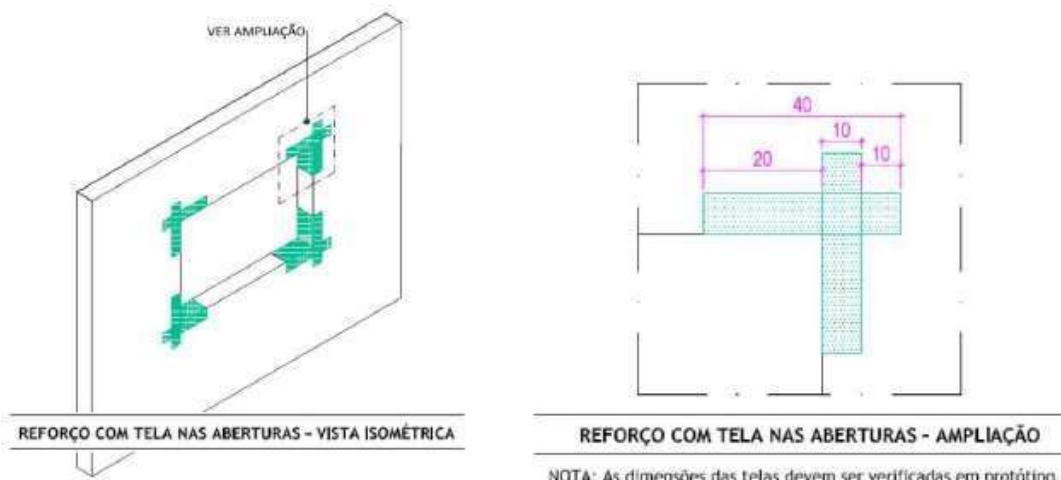
Figura 42 - Aplicação da tela de reforço



Fonte: Engenheiro da obra

Para os reforços de vãos de janela são necessárias duas malhas GRX de 200 mm de largura e 400 de comprimento, que serão posicionadas nos vértices das esquadrias. Faz-se um corte de 200 mm no sentido do comprimento, dividindo em duas metades iguais, respeitando o detalhe da figura 43. É necessário garantir que todos os vértices estejam cobertos pela malha.

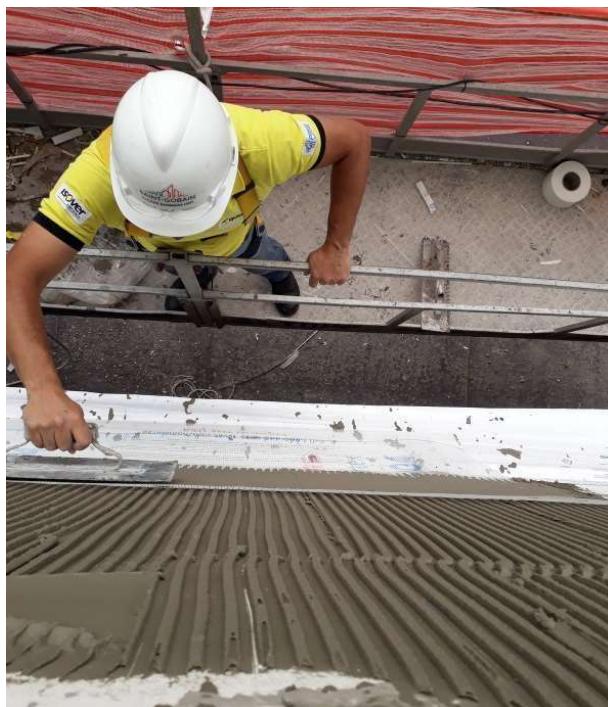
Figura 43 - detalhe da tela de reforço



Fonte: Engenheiro da obra

A próxima etapa de acabamento é realizada com a aplicação do basecoat sobre toda a superfície das placas Glasroc-x. Verificar quando da passada da desempenadeira, deve-se formar cordões íntegros para que posteriormente, a malha GRX agregue com facilidade ao basecot. O ideal é abrir panos de basecoat de forma a trabalhar com o tempo de cura do produto variando de 10 a 15 minutos, dependendo da temperatura local do ambiente (figura 44). Aplica-se então a malha GRX para tratamento da superfície sobre todo o basecoat obedecendo ao transpasse de 100 mm na união entre elas. Com a perfeita introdução da malha na massa, retirada do excesso e o recobrimento da malha realizados, por meio de uma lixa-ferro nº100 ou uma pedra porosa, inicia-se o processo de regularização da superfície (lixamento).

Figura 44 - Aplicação do basecoat



Fonte: Engenheiro da obra

Após a regularização e limpeza da fachada, é aplicado o Primer GRX no sentido vertical e horizontal com rolo de lã de pelo médio ou alto. O acabamento final da fachada é liberado após a secagem do Primer. O Moov Belém recebeu o acabamento final em massa texturizada conforme imagens 45, 46, 47, 48 e 49.

Figura 45 - Fachada posterior



Fonte: Autor

Figura 46 - Fachada frontal



Fonte: Autor

Figura 47 - Entrada do empreendimento



Fonte: Autor

Figura 48 - Fachada lateral



Fonte: Autor

Figura 49 - Fachada lateral



Fonte: Autor

4.10 LOGÍSTICA, EQUIPAMENTOS E PROTEÇÕES

Quanto maior o empreendimento, maior deve ser sua operação logística de abastecimento de material e também de atendimento para mobilidade dos trabalhadores. A obra estudada possui um canteiro de obras de grandes dimensões e com várias frentes de trabalho simultâneas, equipada com grua e cremalheira para o transporte vertical, empilhadeira e carrinhos hidráulicos para o transporte horizontal. A grua encontra-se em posição central em relação à torre, auxiliando nos demais serviços dentro do canteiro e aliviando o fluxo de demanda da cremalheira. (Figura 50).

Figura 50 - Posicionamento da grua



Fonte: Gerente da obra

A logística dentro do canteiro é muito importante para que o fluxo das atividades aconteça como o previsto, desta forma, a organização adequada dos materiais e a utilização de equipamentos corretos agregam positivamente para a execução da obra. O sistema de fachadas leve estruturada em LSF necessita, assim como o método convencional, de balancins suspensos para ser executado, porém dispensa a necessidade de misturadores mecânicos de argamassa de emboço.

Para executar o sistema de fachada no Moov Belém, utilizou-se cremalheira para o transporte vertical dos insumos, balancins para realizar a aplicação do sistema. Devido à geometria do empreendimento e à impossibilidade de utilizar balancins em todas as fachadas, como na fachada lateral, onde não havia espaço suficiente para trabalhar com os balancins, foram utilizadas “cadeirinhas” para execução do sistema de fachada.

Como sistema de proteção e segurança do pavimento, foi utilizada rede piso a teto, conforme figura 51, que isolava todo o perímetro da torre, junto à tela de proteção complementar em laranja. Conhecida como tela tapume, ela é um dispositivo de segurança na cor laranja, de modo a chamar a atenção e cumprir sua função de sinalização, classificada com equipamento de proteção coletiva cumprindo as

exigências determinadas pela Norma Regulamentadora de número 18 (NR 18). À medida que o trabalhador do balancim suspenso avançava na instalação da membrana Tyvek e chapeamento externo, a tela de proteção instalada na projeção daquele pavimento, era retirada.

Figura 51 - Vista da proteção periférica utilizada



Fonte: Gerente da obra

4.11 ACOMPANHAMENTO TÉCNICO

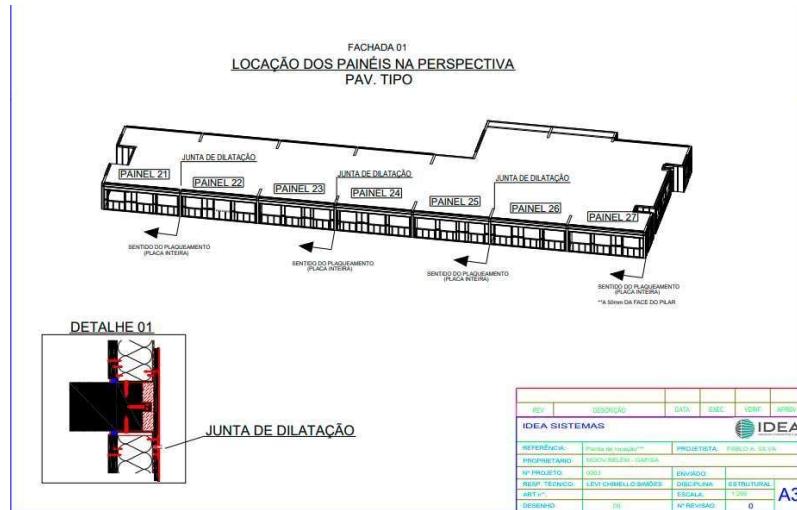
Os projetos executivos são gerenciados através da plataforma de gerenciamento de projetos utilizados pela construtora, o Autodoc projetos. A equipe de engenharia da obra possui acesso às diversas disciplinas do projeto, que é concedido pela equipe técnica do Getec.

As revisões, quando necessárias, são realizadas e inseridas no Autodoc. Já os projetos em fase de revisão são bloqueados para visualização e download, impossibilitando a utilização de arquivos obsoletos.

O projeto executivo da fachada leve foi cadastrado no Autodoc, como também planta baixa do andar tipo, o detalhamento dos painéis e as especificidades do projeto

como as juntas de dilatação (figura 52), pingadeira em alumínio, cantoneiras metálicas entre outros detalhes.

Figura 52 - Detalhamento do projeto



Fonte: Autodoc Projetos

É fundamental a inspeção de qualidade dos serviços de obra para se manter o padrão exigido conforme os programas de qualidade como o PBQP-H e certificações como ISO – 9001. As empresas construtoras realizam o acompanhamento do serviço e a constatação de uma eventual não conformidade, para que seja brevemente corrigido a fim de dar continuidade aos demais serviços. A inspeção é realizada através de um documento denominado FV (ficha de verificação).

A ficha de verificação é o documento utilizado para conferir se aquele serviço foi executado dentro das normas técnicas e do padrão de qualidade da construtora. Deve haver parâmetros definidos internamente que dizem respeito a cada etapa das atividades, desde sua fase inicial até a final da entrega da obra. Resumidamente, as fichas servem para aprovar ou apontar problemas na execução das diferentes etapas construtivas. Ao final do documento, devem conter um espaço para aprovar, reprovar ou aprovar em reinspeção a qualidade do serviço executado. É possível fazer Fichas de Verificação de Serviço também para subserviços. Embora o nível de especificidade dependa de quais parâmetros a construtora adota e define como importantes de medir e inspecionar para seu controle de qualidade.

A ficha de verificação específica para a conferência do sistema de fachadas leves ainda não foi criada internamente na construtora, sendo parâmetro de inspeção da atividade os relatórios de acompanhamento da empresa consultora. A particularidade metodológica de conferência para esse serviço foi previamente definida internamente a fim de garantir o melhor desempenho e padrão de qualidade do sistema.

Inicialmente, houve o treinamento com a equipe de engenharia da obra e a equipe de mão-de-obra (figura 53 e 54) para alinhamento dos procedimentos de execução, repassagem dos detalhes de projeto e esclarecimento das dúvidas identificadas. O engenheiro consultor responsável pela obra realiza treinamentos no local quando julgar necessário, garantindo a correta execução do serviço.

Figura 53 - treinamento de equipe



Fonte: Gerente da obra

Figura 54 - Treinamento no balancim



Fonte: Gerente da obra

O acompanhamento da execução do serviço pela empresa consultora visa contribuir para garantia da qualidade de execução da atividade. As visitas técnicas na obra são realizadas por um engenheiro representante que faz a análise e constatação das conformidades ou as não conformidades ao procedimento especificado e apresentado nos treinamentos.

O relatório de constatação é realizado na plataforma do Autodesk (BIM 360). A plataforma permite vincular as tarefas e fichas de verificação aos elementos do modelo em 3D. Através do seu dispositivo móvel, o engenheiro representante que acompanha a obra possui acesso aos documentos referente às tarefas e realiza as verificações do dia.

Ao final da visita é gerado o relatório final (figura 55) que será reportado à equipe de engenharia da obra com todas as constatações identificadas no dia. As não conformidades (figura 56) são repassadas aos engenheiros como ponto de atenção e orientado o correto procedimento para as devidas providências com a equipe de mão-de-obra.

Figura 55 - Modelo de relatório de vistoria

Status	Completed					
Created date	Apr 16, 2021					
Scheduled date	Apr 16, 2021					
Started date	Apr 16, 2021					
Completed date	Apr 16, 2021					
Type	Quality					
Description						
Location	Project > Torre 1					
Template	SISTEMA GLASROC X [V12]					
Linked documents						
Assigned to	Idea Sistemas					
Creator	Douglas Dos Santos Costa (saint-gobain)					
Section assignees						
Sections	Items	Issues	Conforming	Non-conforming	N/A	To be answered
5/5	29/29	2	25	3	1	0

Fonte: Engenheiro Saint-Gobain.

Figura 56 - Constatação de não conformidade

1.4 CHAPA EXTERNA <input type="radio"/> Pass <input checked="" type="radio"/> Fail <input type="radio"/> N/A Images  e32d85a0-b4f3-4c9f-a5b9-48a4a7055d0e.jpeg d5bfb6e8-b956-4f53-85e5-398b42828beb.jpeg Added on Apr 16, 2021 09:17 Added on Apr 16, 2021 09:16 Added by Douglas Dos Santos Costa Added by Douglas Dos Santos Costa	
Note Apoios insuficientes gerando deformação na chapa. Recomendação: Utilize apoios de, no mínimo, 10cm de largura com espaçamento de 40cm para empilhar as chapas.	

Fonte: Engenheiro Saint-Gobain.

4.12 PRAZO

No início da obra, o prazo das atividades do empreendimento foi estipulado no cronograma inicial. Após a análise dos projetos e a elaboração do cronograma pela empresa externa de planejamento, foi realizada uma reunião para estimar as datas de início e término de cada atividade. Para determinação dos prazos dos serviços, foram levados em consideração os ciclos padrões de execução das atividades que a empresa construtora estabelece, a duração das atividades foi baseada em obras semelhantes ao Moov Belém.

Conforme tabela 7 do documento gerencial físico, existem algumas informações complementares para auxiliar a equipe de engenharia no planejamento diário da obra. Por exemplo, na aba “Histórico de ciclos” é possível verificar os dias trabalhados necessários para se finalizar um determinado serviço.

Tabela 7 - Ciclos de atividades do empreendimento

Serviços	Ciclo Real
ALVENARIA CX ESCADARIA	5
CHAPIM - PTOT ÁREA SERV.	5
ESQ. ALUMINIO DORMITÓRIOS	5
CHAPA COLADA DRY WALL	5
GUIAS / MONT. DRY WALL PAREDES	5
DISTRIBUIÇÃO ELETRICA (FUNDO QUADRO, CAIXINHAS E FIAÇÃO - SISTEMAS)	6
BARRILETE HORIZONTAL	6
PLAQUEAMENTO DRY WALL	6
PRUMADAS	7
GUIAS/MONT. DRY WALL - SHAFTS	7
DISTRIBUIÇÃO HIDRAULICA	7
TESTES HIDRÁULICOS	7
ESQUADRIAS DE FERRO (GRADIL)	7
INFRA EXAUSTÃO	7
FORRO A. QUENTE / FRIA	5
CHAPEAMENTO (shaft)	6
IMPERMEABILIZAÇÃO	5
AZULEJO	5
PISO CERÂMICO	5
BAGUETES E SOLEIRAS	5
REGUL. PARA PISO LAMINADO	5

Orientação Gráfico Mapa Ativ. Auxiliar Histórico de Ciclos BD

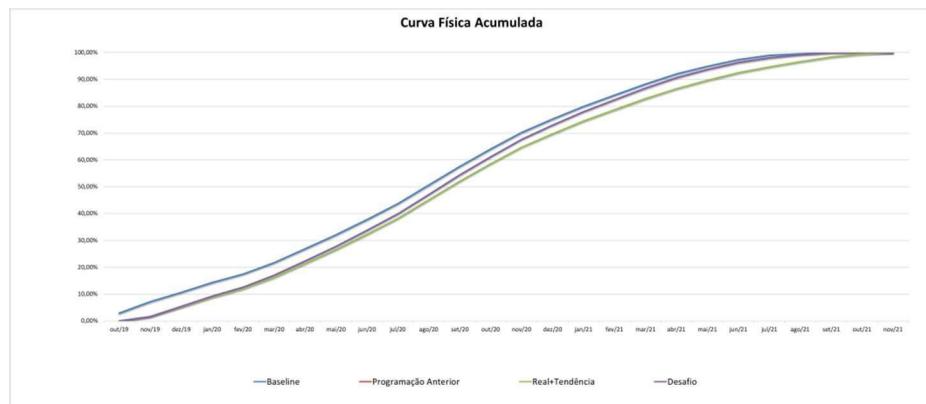
Autor: Equipe de planejamento Gafisa S/A

Após a determinação dos ciclos das atividades, é elaborada a curva S da obra (figura 57), permitindo a clara comparação e apresentando seus desvios entre o que foi inicialmente planejado e o que está sendo executado. O gráfico apresenta as

curvas do “Baseline”, o “Real + Tendência” que representa o andamento físico real da obra e por fim o “Desafio”, que seria um cronograma mais ousado.

Costa (2017) afirma que a curva S é muito utilizada no planejamento e controle de projeto, sua representação global do projeto como um todo permite o acompanhamento do andamento planejado.

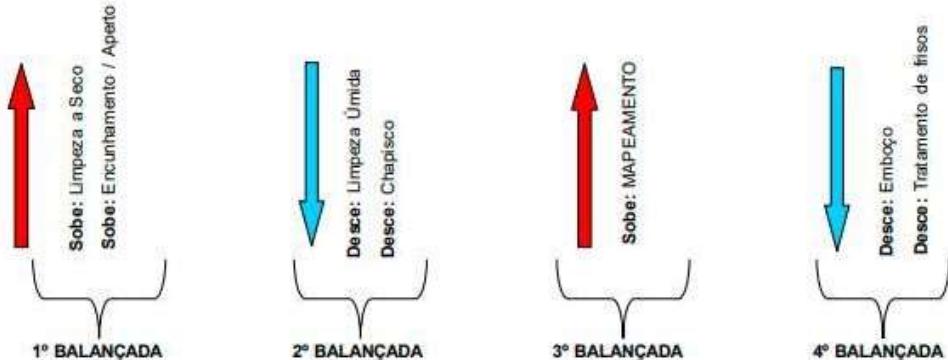
Figura 57 - Curva S da obra



Fonte: Gafisa S/A

O empreendimento Moov Belém teve inicialmente em sua concepção de projeto, a execução da fachada em alvenaria com revestimento argamassado. Para o sistema foi estabelecido quatro meses de execução do serviço, seguindo resumidamente a sequência das atividades representada na figura 58. Os ensaios de “pano teste” e determinação de traço não entravam na contabilização do prazo, assim como os ensaios pós execução do revestimento em argamassa.

Figura 58 - Sequência de atividades na execução de fachada convencional



Fonte: Especificação técnica - Gafisa S/A

A execução da fachada em sistema leve estruturado em LSF nesta obra teve uma série de impactos negativos que fizeram com que o andamento do serviço não saísse como o previsto, esses impactos serão melhor detalhados no capítulo cinco. A previsão de execução de três meses acabou se transformando em oito meses de duração, desconsiderando o prazo da prumada do transporte vertical cremalheira, que ainda precisou ser realizado depois devido a logística do canteiro e a liberação dos elevadores definitivos. A cremalheira é utilizada até quando os elevadores definitivos da obra começam a ser liberados para os colaboradores do canteiro, enquanto isso, a fachada na projeção da torre do equipamento é postergada, desta forma, a finalização total do serviço só é possível após a retirada do equipamento. A equipe da obra vivenciou um complexo cenário durante sua execução, cenário este que será tratado nas considerações finais. As dificuldades apresentadas no período do processo de execução do sistema leve de fachada resultaram em um desgaste com o fornecedor de mão de obra e material, prejudicando ainda mais o serviço.

4.13 CUSTO

Orçar um empreendimento é definir um produto, informando o preço para realizar todos os serviços que o compõe, além das condições e prazos para que o produto seja realizado. Um orçamento bem definido exige interpretação adequada de

todas as disciplinas de projeto e conhecimento detalhado dos serviços internos na obra (XAVIER, 2008).

Ao iniciar o empreendimento, a equipe de engenharia da obra recebe o pré – orçamento do corpo técnico da empresa (Getec), obtido através dos projetos pré – executivos. Com os projetos executivos liberados a equipe da obra precisa realizar o levantamento de todos os serviços e materiais que serão utilizados no empreendimento. Com o levantamento pronto, a especificação é realizada junto à área de suprimentos, compondo assim o orçamento executivo que servirá de base para a obra realizar as contratações.

A viabilidade do empreendimento é analisada desde sua concepção de projeto, a obra Moov Belém teve alteração metodológica de execução de fachada após seu início. Mesmo com a fundação já realizada, foi necessário um estudo de viabilidade do sistema para que não impactasse nas demais contratações e no orçamento estipulado anteriormente.

Na empresa construtora estudada, as obras possuem uma planilha de controle orçamentária padrão denominada PLAN-BR (figura 59). Após o levantamento de insumos e serviços, verificação e alinhamento das quantidades corretas com a área técnica, o custo da obra é estimado e assinado pelo Getec, diretoria, área de planejamento, suprimentos e gerente geral da obra.

Figura 59 - Planilha PLAN BR

	Orçamento	REVISÃO:	2020	PLAN BR 2020	
FATURAMENTO		DADOS GERAIS	MÊS BASE: SETEMBRO/2020		
OBRA:	+ Atualizar Formulas	PRAZO:	22,00		
ENDERECO:	- Excluir Linha(s)	INCC (n=2):	805,36		
DUPLA:		PADRÃO:	Moov		
GERENTE:		ÁREA PRIVATI:	16.091,46		
PRAÇA:		ÁREA EQUIVALE:	21.687,84		
		ÁREA CONSTRI:	19.531,50		
COMPONENTE	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE	UNITÁRIO	TOTAL
GRUPO: 11 - SERVIÇOS TÉCNICOS		3,05%	0,07	1.622,81	1.306.941,31
GRUPO: 12 - GASTOS GERAIS		0,36%	0,01	189,70	152.778,43
GRUPO: 13 - PESSOAL PERMANENTE		5,72%	0,14	3.048,87	2.455.423,09
GRUPO: 14 - ADMINISTRAÇÃO		2,61%	0,06	1.387,89	1.117.747,71
GRUPO: 15 - IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO / LOGÍSTICA		1,04%	0,03	552,04	444.591,26
GRUPO: 16 - PROTEÇÕES E SEGURANÇA		1,01%	0,02	536,77	432.288,57
GRUPO: 17 - OPERAÇÃO DO CANTEIRO / LOGÍSTICA		1,41%	0,03	750,22	604.197,06

Fonte: Gafisa S/A.

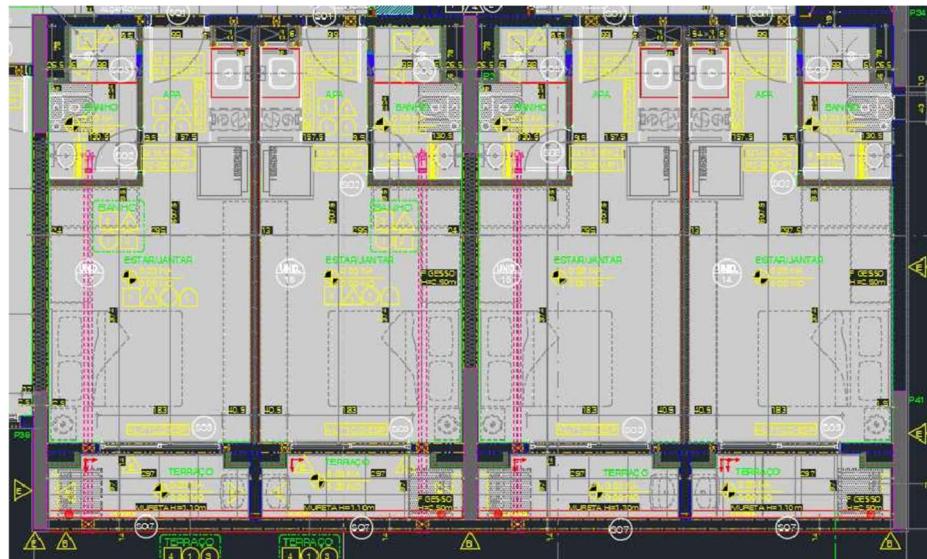
O orçamento executivo da obra foi cravado em setembro de 2020 em R\$ 39.811.391,34, o equivalente a 49.433,28 índices em INCC (INCC base de 805,36).

No pré-orçamento (reajustado), o grupo de sistema de fachada convencional incluindo equipamentos, insumos, mão de obra e acompanhamento técnico custaria o equivalente a R\$1.726.554,37. Para a cravação do orçamento executivo foi considerada a fachada leve, cuja mudança do sistema foi elaborada pelo engenheiro gerente por meio de estudo de viabilidade econômica. Após a obtenção do valor final, esse custo foi apresentado para a diretoria da empresa.

Ao iniciar as análises de custo que impactariam no orçamento da obra causados pela mudança do sistema de fachada, foi levantado que o aumento seria elevado no orçamento, desta forma, foi necessário analisar criticamente se a mudança seria aplicada ao empreendimento inteiro. Buscando reduzir o aditivo e também por solução técnica, não foi possível a modificação por completo do sistema de fachada do empreendimento. Parte da fachada, a correspondente aos apartamentos final 14/15/ 16 e 17 mantiveram o sistema convencional de revestimento em argamassa de emboço como previsto em projeto inicial (figuras 60), assim como a projeção da caixa de escada (figura 61) que seguiu em alvenaria de blocos de concreto, para não impactar na aprovação do Corpo de Bombeiros e obtenção do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB¹⁷) da obra. A figura 62 apresenta a locação dos painéis na fachada posterior, onde é possível perceber a não locação de painéis nos locais anteriormente citados.

¹⁷ AVCB: trata-se de uma certidão emitida pelo Corpo de Bombeiros que atesta que a edificação vistoriada está apta e equipada para o combate a incêndio.

Figura 60 - Projeto arquitônico das unidades com sistema convencional de fachada



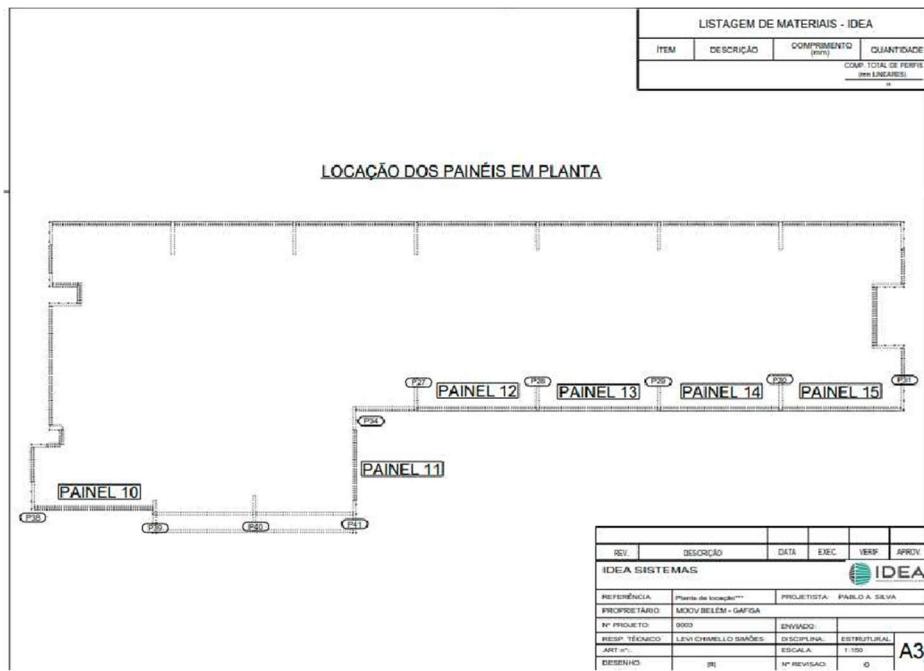
Fonte: Autodoc Projetos - 2021

Figura 61 - Projeto arquitetônico da planta tipo (caixa de escada).



Fonte: Autodoc Projetos - 2021

Figura 62 - Planta baixa de locação dos painéis da fachada posterior



Fonte: Autodoc Projetos - 2021

4.13.1. Orçamentos para execução do serviço

Inicialmente foram apresentadas duas soluções para aplicação do sistema de fachadas leves. A primeira proposta utilizava a chapa Glasroc X, a segunda com chapa cimentícia do sistema Nextera da Brasilit. Os itens retirados nas duas propostas eram: fornecimento e montagem dos balancins; pintura ou acabamento final texturizado; retirada de entulhos e detritos provenientes da obra (exceto resíduos de gesso de responsabilidade da IDEA) e instalações elétricas ou hidráulicas caso houvesse conforme custos apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Primeiro orçamento comercial

VEDAÇÕES GLASROC -X: APLICAÇÃO DIRETA						
ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	UNID.	PREÇO UNIT.	PREÇO FINAL	
1	PAINEL DE FACHADA EM LIGHT STEEL FRAME, COM REVESTIMENTO EXTERNO EM PLACAS GLASROC-X ACABAMENTO BASECOAT , ISOLAMENTO TÉRMICO ACÚSTICO EM LÃ DE ROCHA E REVESTIMENTO INTERNO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE AO FOGO 120 MIN.	8857,85	m ²	R\$ 331,35	R\$ 2.935.048,60	
2	PAINEL DE FACHADA EM LIGHT STEEL FRAME, COM REVESTIMENTO EXTERNO EM PLACAS GLASROC-X ACABAMENTO BASECOAT , ISOLAMENTO TÉRMICO ACÚSTICO EM LÃ DE ROCHA E REVESTIMENTO INTERNO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE AO FOGO E UMIDADE 120 MIN.	1563,2	m ²	R\$ 338,35	R\$ 528.891,80	
TOTAL GERAL						R\$ 3.463.940,40
VEDAÇÕES NEXTERA: APLICAÇÃO DIRETA						
ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	UNID.	PREÇO UNIT.	PREÇO FINAL	
1	PAINEL DE FACHADA EM LIGHT STEEL FRAME, COM REVESTIMENTO EXTERNO EM PLACAS CIMENTICIA 10 mm PLUS BQ ACABAMENTO BASECOAT , ISOLAMENTO TÉRMICO ACÚSTICO EM LÃ DE ROCHA E REVESTIMENTO INTERNO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE AO FOGO 120 MIN.	8857,85	m ²	R\$ 358,53	R\$ 3.175.804,96	
2	PAINEL DE FACHADA EM LIGHT STEEL FRAME, COM REVESTIMENTO EXTERNO EM PLACAS CIMENTICIA 10 mm PLUS BQ ACABAMENTO BASECOAT , ISOLAMENTO TÉRMICO ACÚSTICO EM LÃ DE ROCHA E REVESTIMENTO INTERNO EM GESSO ACARTONADO RESISTENTE AO FOGO E UMIDADE 120 MIN.	1563,2	m ²	R\$ 365,53	R\$ 571.378,22	
TOTAL GERAL						R\$ 3.747.183,18

Fonte: Gerente Moov Belém

Após a análise da primeira proposta, o custo de implantação estava muito diferente do pré-orçamento da obra o que inviabilizaria a escolha do sistema no empreendimento, desta forma, deram início às negociações técnicas e comerciais. Para a segunda proposta, foi apresentado uma redução de aproximadamente 9% na proposta com o componente Glasroc X, e 3,3% no sistema Nextera.

Ainda assim, o preço estava elevado e as negociações foram seguidas. Apesar das mudanças e descontos, o custo de utilização do sistema Nextera foi inviabilizado, optando por seguir somente com a primeira proposta (chapa Glasroc X).

Para a terceira proposta, novamente houve uma revisão comercial para o material e também redução na margem de lucro do fornecedor de mão de obra, chegando a uma porcentagem de 13% mais barato que a proposta inicial.

No decorrer do orçamento e alinhamento da parte técnica do fechamento, a equipe constatou que não seria possível a mudança de duas regiões para a fachada leve, a primeira região era a das varandas dos apartamentos finais 14/ 15/ 16 e 17 feitas em concreto armado e a segunda região a caixa de escada, desta forma ambas seguiram a mesma concepção do projeto inicial, revestimento argamassado.

Foram cinco rodadas de negociação, todas seguiram por análises comerciais e técnicas. Após seis propostas e a redução de aproximadamente 20% do preço inicial, o serviço e material foram fechados em R\$2.750.652,47.

Para o fechamento de contratos de serviços e ou materiais, a empresa construtora e incorporadora tem como procedimento, a criação de uma concorrência entre os fornecedores do mercado, segundo critérios de análise de valores, do escopo técnico e do reconhecimento da empresa fornecedora no mercado. Para o serviço de fachadas leves, outras empresas participaram das negociações, foram mais quatro concorrentes, fornecedores A, B, C e D. Na concorrência, analisando-se apenas o sistema de fachada, a IDEA, empresa premiada, conseguiu chegar no valor final de comum acordo entre fornecedor e a construtora, o que dentre as demais propostas era o mais atrativo. (Tabela 9).

Tabela 9 - Quadro de proposta final

DESCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS		UNID.	PREÇO UNIT. R\$	QTDE. TOTAL CONTRATADA	PREÇO TOTAL R\$
Item do pedido	Descrição				
1	Painel de Fachada em Ligh Steel Frame, com revestimento externo em placas Glasroc X acabamento basecoat, isolamento termoacústico em lã de rocha e revestimento em gesso acartonado resistente ao fogo 120 min. MO + MA	m2	R\$ 78,59	8.630,84	R\$ 678.297,72
2	Painel de Fachada em Ligh Steel Frame, com revestimento externo em placas Glasroc X acabamento basecoat, isolamento termoacústico em lã de rocha e revestimento em gesso acartonado resistente ao fogo 120 min. MO + MA	m2	R\$ 80,69	500	R\$ 40.345,00
3	Painel de Fachada em Light Frame, com revestimento em ambas as faces em placas Glasroc X acabamento basecoat	m2	R\$ 90,71	178,85	R\$ 16.223,48
4	Painel de Fachada em Light Frame, com revestimento em ambas as faces em placas Glasroc X acabamento basecoat	m2	R\$ 54,14	83,29	R\$ 4.509,32
5	Painel de Fachada em Light Frame, com revestimento em ambas as faces em placas Glasroc X acabamento basecoat	m2	R\$ 80,73	1063,15	R\$ 85.828,10
6	Faturamento Direto	vb	R\$ 1.925.448,85	1	R\$ 1.925.448,85
	TOTAL GERAL				R\$ 2.750.652,47

Fonte: Gerente da obra

4.14. ESTUDO DE VIABILIDADE DO ORÇAMENTO

Para realizar o estudo de viabilidade, o gerente da obra precisou analisar todos os grupos do orçamento que tinham correlação com a execução da fachada, levando em consideração a execução, o prazo e todos os custos indiretos. Após análise, os grupos identificados foram:

- GRUPO 13 - Pessoal permanente;
- GRUPO 14 - Administração;
- GRUPO 16 - Proteções e segurança
- GRUPO 19 - Transporte e limpeza;
- GRUPO 41 - Alvenaria e serviços gerais;
- GRUPO 51 - Revestimento em argamassa;
- GRUPO 58 - Revestimento de parede;
- GRUPO 63 - Esquadria de alumínio.

Além dos grupos considerados acima, foi considerado R\$157.459,09 previsto pela multa por atraso da obra aos proprietários e também uma verba de alinhamento técnico e comercial entre as empresas.

Após analisar o sistema com a empresa de planejamento, a realização da fachada leve possibilitaria uma redução em um mês de obra, reduzindo consequentemente, custos como: energia, água, internet, monitoramento e equipe de engenharia. Também o gasto com alvenaria seria reduzido, restando apenas aqueles previstos anteriormente no embasamento do empreendimento, nas vedações periféricas dos pavimentos tipo, que não receberiam mais o acabamento em gesso e, por fim, a redução da área de emboço da obra, mantida apenas no embasamento do prédio e nos locais em que não foi utilizada a fachada leve.

Para apresentação do custo final, o gerente da obra ficou responsável pelo preenchimento da planilha de aditivos, que foi apresentada em reunião do comitê. A reunião do comitê é realizada duas vezes no mês, para apresentação de gastos não previstos no orçamento, como: retrabalho, variação de preços, mudança de escopo ou melhoria do produto. A reunião conta com a presença dos gerentes de áreas da construtora que analisam e discutem o aditivo antes de sua aprovação. Caso a

diferença de valor seja maior que cinquenta mil reais, é necessária a aprovação da diretoria.

A tabela 10 representa o aditivo gerado no pré-orçamento reajustado que a obra obteve com a mudança pelo sistema de fachada. A diferença orçamentária de R\$150.154,48 foi aprovada em comitê, considerando a busca de economia nas demais contratações ainda não fechadas.

Tabela 10 - Análise do aditivo

DESCRIÇÃO RESUMO	CONTRATO/ ORÇAMENTO			CONTRATO REVISADO			DESVIOS	
	QUANT	P. UNIT.	VALOR	QUANT.	P.	VALOR	QUAN	VALOR
GRUPO: 13 - PESSOAL PERMANENTE	1,00	vb	R\$ 90.984,74	1,00	vb		-	R\$ (90.984,74)
GRUPO: 14 - ADMINISTRAÇÃO	1,00	vb	R\$ 43.425,41	1,00	vb		-	R\$ (43.425,41)
GRUPO: 16 - PROTEÇÕES E SEGURANÇA	1,00	vb	R\$ 47.637,28	1,00	vb		-	R\$ (47.637,28)
GRUPO: 19 - TRANSPORTE E LIMPEZA	1,00	vb	R\$ 30.132,00	1,00	vb		-	R\$ (30.132,00)
GRUPO: 41 - ALVENARIAS	1,00	vb	R\$ 453.984,51	1,00	vb		-	R\$ (453.984,51)
GRUPO: 51 - REVESTIMENTO EM ARGAMASSA	1,00	vb	R\$ 1.167.494,15	1,00	vb	R\$ 2.750.652,47	-	R\$ 1.583.158,32
GRUPO: 58 - REVESTIMENTOS DE PAREDE	1,00	vb	R\$ 168.288,97	1,00	vb		-	R\$ (168.288,97)
GRUPO: 63 - ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO	1,00	vb	R\$ 70.087,86	1,00	vb		-	R\$ (70.087,86)
MULTA POR ATRAZO DE OBRA	1,00	VB	R\$ 157.454,09	1,00	VB		-	R\$ (157.454,09)
RETIRADA DA LÂ DE ROCHA DAS PAREDES INTERNAS	1,00	VB	R\$ 150.000,00	1,00	VB		-	R\$ (150.000,00)
VALOR TOTAL	1,00	VB	R\$ 2.379.489,01	1,00	VB			
VALOR TOTAL COM AJUSTE DE INCC	723,16	790,33	R\$ 2.600.497,99			R\$ 2.750.652,47	1,00	R\$ (150.154,48)

Fonte: Gerente da obra

5.0. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das informações levantadas e dos dados apresentados neste trabalho, entende-se que objetivos iniciais foram alcançados, que a implementação do sistema foi analisada a partir das características do projeto e de sua execução. A tecnologia usada foi analisada e foi realizada uma análise crítica do sistema implantado no estudo de caso. Pode-se considerar que a implantação de um novo método de execução de fachada é possível quando incorporada ao bom planejamento e sistema de gestão da qualidade.

Conforme analisado no trabalho, a construtora estudada possui uma gestão de qualidade e de planejamento bem definidos dentro de sua estruturação organizacional, o que contribuiu para a execução do sistema. Os fatores externos da proliferação da Covid-19 não previstos anteriormente impactaram negativamente para a análise individual do prazo e custo de execução do sistema neste empreendimento.

Através dos resultados obtidos do trabalho, seguem as considerações advindas do seu desenvolvimento.

Embora o estudo de caso apresentado não tenha tido o resultado esperado, o sistema de fachada leve é reputado por possibilitar a redução do prazo de execução da fachada e consequentemente a redução dos custos indiretos ao final da obra. Estima-se que essa redução seria possível caso não ocorresse impactos externos semelhantes a esses apresentados no estudo de caso e desde que, suportado por um adequado planejamento das atividades no canteiro.

Internamente na construtora, o case é tido como aprendizado. O pensamento é de realizar outros empreendimentos com a mesma metodologia, implantados já na concepção inicial de projeto. Os pontos falhos serviram de lição, os positivos serão implantados no procedimento em desenvolvimento.

Existe uma complexidade em analisar o custo e prazo da fachada desta obra, sua construção passou pela fase pandêmica mundial, e sofreu grandes impactos com a instabilidade de mão de obra e a falta de matéria prima no mercado.

Inicialmente, o aumento de custo inicial pela troca do sistema de fachada foi reflexo da tentativa da empresa, em recuperar o prazo de entrega ao cliente quando se acreditava que a metodologia construtiva de fachada leve em LSF performaria melhor nesse edifício do que o sistema convencional em revestimento argamassado. Com a proliferação da Covid 19, as restrições de circulação fizeram com que o efetivo da obra sofresse redução e os fornecedores de matéria prima também foram afetados, desta forma, a produtividade das atividades foram impactadas.

O Governo do Estado de São Paulo determinou a antecipação de cinco feriados na tentativa de desaceleração da taxa de contágio da COVID – 19. Do dia 26 de março até 04 de abril a cidade viveu seu maior *lockdown*, o que levou também, a paralisação das atividades no canteiro de obras do empreendimento estudado.

Agravado pela falta de matéria prima, mão de obra, atrasos nas entregas e aumento do custo dos materiais, rapidamente as obras começaram a sofrer com o repasse de custo do mercado, apesar de negociações formato “preço fechado”, os fornecedores repassaram os aumentos às empresas construtoras e incorporadoras. Com a variação de precificação do mercado, a empresa instaladora não conseguiu absorver os custos, desta forma foi pleiteado aditivo no contrato.

O fornecimento dos componentes do sistema de fachadas leve era de responsabilidade da instaladora em conjunto com fornecedor das chapas e do sistema. Mesmo com os insumos sendo fabricados nas proximidades de São Paulo, assim como outros fornecedores, a obra teve seu recebimento de materiais atrasado, o que impactou diretamente no ciclo das atividades e cronograma.

Duas empresas que estavam prestando serviço de instalações no empreendimento Moov Belém não aguentaram os impactos da pandemia, resultando na falência de ambas, no retrabalho e novamente no atraso dos serviços. A instalação das chapas de gesso RF dependia da distribuição elétrica e posicionamento das caixas de tomadas e interruptores, a falta da sequência prevista do serviço interferiu na continuidade e finalização do fechamento. Após a falência do primeiro fornecedor a obra precisou revisar todos os serviços elétricos do 1º ao 12º pavimento-tipo, o que gerou aditivos de trabalho e horas extras para a equipe de fachada e de drywall.

Essa série de eventos ocorridos afetaram diretamente a produção do edifício, mas ainda há fatores organizacionais que impactaram a obra.

Um dos fatores que deve ser considerado é o momento da adoção do sistema de fachada. O custo de implantação deste sistema quando analisado isoladamente não alcança competitividade, desta forma sua viabilidade econômica deve ser analisada desde a concepção do projeto. No caso de implantação do sistema de fachada desde a concepção inicial, acarretaria que as demais disciplinas de projeto estivessem compatibilizadas com o sistema. Na obra estudada foram necessárias algumas adaptações dos projetos complementares pela falta de compatibilização com o sistema de fachada leve.

O sistema considerado novo na construtora passou pelo acompanhamento do engenheiro que representava fornecedor de componentes para a fachada. Os treinamentos e visitas técnicas contribuíram para melhor performance do sistema, diminuindo o índice de retrabalhos na obra. Sem uma especificação técnica para a fachada, ainda em desenvolvimento, os relatórios gerados a cada visita serviram para a obra e para construtora como uma metodologia de conferencia e de mapeamento das não conformidades e oportunidades de melhoria.

Do ponto de vista logístico, a obra manteve-se constante nas notas avaliadas pela auditoria interna de qualidade, obtendo notas satisfatórias neste critério, sendo satisfatório seu desempenho quando analisado o porte do empreendimento. A redução de equipe no canteiro, a facilidade em armazenamento e distribuição dos componentes nos pavimentos contribuíram para a equipe de engenharia gerenciar a obra de maneira facilitada, no que diz respeito à organização.

Outro fator determinante para satisfação logística da obra, foi à redução na geração de entulhos, principalmente entulhos cinza gerados pelo acúmulo de argamassas e revestimentos deixados após a execução do revestimento argamassado.

O empreendimento localizado em uma área com grande circulação de pessoas em seu entorno, não apresentou problemas com os vizinhos no período de execução da fachada, resultado obtido através do método de execução da fachada leve, que não apresenta a aplicação de argamassa de emboço.

Assim como qualquer inovação tecnológica, o sistema quando considerado inovação, enfrenta maiores barreiras para disseminação e aceitação no mercado. A falta de profissionais capacitados e habituados a atuar com o sistema de fachada leve, poucas informações nacionais e sobre seu desempenho geram receio quanto à eficácia deste sistema construtivo.

O sistema de fachada leve com chapas delgadas estruturadas em LSF tem grande potencial para se tornar um sistema industrializado de maior utilização no âmbito nacional, ainda pouco conhecido, apresenta características interessantes de execução e resultado final.

5.1. TRABALHOS FUTUROS

Quando comparado ao mercado exterior, não há muitos exemplos da utilização do sistema de fachada leve no Brasil e poucos exemplos que foram executados há bastante tempo. Desta forma, se torna mais complexo analisar a manutenibilidade e as eventuais patologias que o sistema pode gerar durante a vida útil do edifício, entretanto o assunto pode ser tema de novas pesquisas para melhor compreensão do desempenho e eficácia do sistema.

Outro tema a ser mais bem compreendido, é a interface do sistema de fachada leve com o acabamento externo a fim de reduzir possíveis patologias na edificação, dada a necessidade de atenção na aplicação da massa texturizada na fachada, quando em temperaturas mais elevadas, o acabamento pode manchar. A etapa de acabamento deve ser acompanhada com cuidado, a temperatura no dia deve ser levada em consideração para não resultar em retrabalhos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 7008-1**: Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 10 p.

_____. **NBR 7008-3**: Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Parte 3: Aços estruturais. Rio de Janeiro, 2012. 3 p.

_____. **NBR 15523**: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014. 24p.

_____. **NBR 15575-4**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2021. 72 p.

_____. **NBR 15578**: Bobinas e chapas de aço revestidas com liga de 55% de alumínio - zinco pelo processo continuo de imersão a quente - Especificação. Rio de Janeiro, 2008. 8 p.

ALLEN, DON. **History of Cold Formed Steel**. Structure Magazine, pg.28-32. Pensilvania, nov. 2006.

BESEN, DYANINE E DA SILVA, RHAIZA LIMA MAIA. **Tecnologias inovadoras e Sustentabilidade na Construção Civil: Estudo de caso em Santa Catarina, SC**. Palhoça, 2017. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

BROOKS, MONICA G. **Good Housekeeping Stran-Steel HOuse in 1933-34 Chicago, word's fair: A century if progress home plannig**. Marshal University, Huntington, WV, 2013.

CARDOSO, SILVIA SCALZO. **Tecnologia construtiva de fachada em chapas delgadas estruturadas em light steel framing** / S. S. Cardoso - versão corr. - São

- Paulo, 2016. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil
- CARDOSO, DANIELA PINHEIRO. **Projeto de implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade baseado na norma NP EN ISO 9001:2015 Estudo de caso – Pinheiro&Cardoso, Lda.** Outubro, 2017. Trabalho de mestrado.
- COELHO, ANDRÉ SANTOS RIBEIRO. **LIGHT STEEL FRAME- Recomendações de projeto, processo construtivo e detalhes orçamentários.** Brasília, 18 de julho de 2014. Trabalho de curso (TC) de Engenharia Civil UniCEUB - Centro Universitário de Brasília.
- DA COSTA, AMAURI HARVEY. **Aplicações da curva S e do método do caminho crítico no planejamento de obras.** 2017. 1 recurso online (65 p.). Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/325523>. Acesso em: 2 set. 2018.
- CUPERTINO, D.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. **Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica.** Ambiente Construído, v. 15, n. 4, p. 243-265, 2015.
- DA ROCHA, ANTONIO CARLOS. **Análise 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. 391 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica Da Universidade de São Paulo.
- FREITAS, ARLENE M. SARMANHO; CRASTO, RENATA C. MORAES. **Steel Framing: Arquitetura.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. (Séries Manuais da Construção em Aço).
- GAFISA. **Relações com os investidores (Perfil).** Disponível em: <http://ri.gafisa.com.br/a-gafisa/perfil/>. Acesso em: 2021.
- GOMES, M. E. M. F.; BARBOSA, A. F. B. **Sistema de gestão integrada na construção civil.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 2, p. 1-6, 2017

JUNIOR, JOÃO KAMINSKI. **Construção de Light Steel Frame.** Techne 112, julho 2006. Disponível em:

http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes_de_Light_Steel_Frame_Techne_n_112_2006.pdf. Acesso em: nov. 2020.

LEITE, ANA BEATRIZ CARVALHO. **Estudo de viabilidade da implantação de EIFS para edifícios residências/ A. B. G. Leite** – São Paulo, 2021. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

LUZ, J. R. M.; CARVALHO, J. R. M.; CAVALCANTI, P. R. N. **Aplicação da análise fatorial na identificação dos fatores de custos da qualidade das empresas do setor de construção civil de Campina Grande, PB.** Revista Capital Científico, v. 13, n. 3, p. 1- 16, 2015.

MACHADO, J.P. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos para habitações de interesse social: Alvenaria convencional versus Steel Frame.** São Paulo, 2008.

MARIN, P. L. **Sistema de gestão da qualidade e certificação ISO 9001 na administração pública: uma análise crítica.** 2012, Brasília. Anais do Congresso CONSAD de Gestão Pública. Brasília, 2012.

MATTOS, A.D. **Planejamento de Obra.** Construção Mercado, São Paulo, Edição 85, ago. 2008.

MATTOS, ALDO DÓREA. **Planejamento e controle de obras - 2.ed -** São Paulo: Oficina de Textos, 2019

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).

MEJICOVSKY, T.; SETTLEMYRE, K. **Achieving Innovation in Facades.** Architectural Engineering, 2003.

NAKAMURA, JULIANA. **O que é inovação tecnológica na construção?** Building Construção & Inovação, 11 de março de 2019. Disponível em:

<https://www.buildin.com.br/inovacao-tecnologica-na-construcao-2/>. Acesso em: abril 2021.

OKAMOTO, P. S.; SALERNO, M. S.; MELHADO, S. **A coordenação de projetos subcontratados na construção civil.** Gestão e Tecnologia de Projetos, v. 9, n. 1, p. 123- 142, 2014.

OLIVIERI, H. 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.

OLIVIERI, H et al.**A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel Framing.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 45-60, out. /dez. 2017.

PBQP-H. Documentos Complementares ao Regimento do SiNAT, 2021.

Disponível em:

https://pbqp-h.mdr.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/pbqph_d771.pdf. Acesso em março de 2022.

PLACO. **Catálogo Glasroc X**, 2022. Disponível em:

<https://www.placo.com.br/systems/fachadas/glasroc-x>. Acesso em abril de 2022.

PLACO. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos**, 2022. Disponível em: <https://www.placo.com.br/systems/fachadas/glasroc-x>. Acesso em abril de 2022.

RIBEIRO, V. DE MELO; CARVALHO L. CRISTINA. **VANTAGENS EM ADOTAR O LIGHT STEEL FRAME: Comparativo entre o método construtivo Light Steel Frame e o método convencional de alvenaria**, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/644/1/Vitor.pdf>. Acesso em outubro, 2021.

ROS, MARCELO MICALI. **Barreiras setoriais para o desenvolvimento de fachadas leves estruturas em Light Steel Framing.** São Paulo, 2019. 138 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SANTOS, M. M. **Planejamento de Obra. Construção de Mercado**, São Paulo, Edição 85, ago. 2008.

SANTOS, LIARA JARDIM. **Light Steel Framing: Um estudo do método construtivo e analise da geração de resíduos nos canteiros de obra**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2017.

SANTIAGO, ALEXANDRE KOKKE. **O uso do sistema light steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil, 2008.

SENGER, E. W. (2017). **Percepções de construtores e incorporadores sobre industrialização na construção civil em Curitiba**. Revista E-Tech: Tecnologias Para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838, 10(1), 23-43. Disponível em: <https://doi.org/10.18624/e-tech.v10i2.925>.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS – SINAT. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/tipo-documento/diretrizes/>. Acesso em 2021.

_____. Diretriz SINAT 009 – **Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas**. Brasília, 2016. 44 p.

XAVIER, IVAN (2008). **Orçamento, planejamento e custos de obra**. Apostila do curso (FUPAM – Fundação para pesquisa ambiental). Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/unifanor-wyden/administracao-de-produvcao/apostila-de-orcamento-prof-ivan-xavier/12763689>. Acesso em dezembro 2021.