

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
ENGENHARIA CIVIL

SAMARA QUEIROZ DOS SANTOS

**TECNOLOGIA DE MAPEAMENTO 3D PARA A
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS E PROCESSOS DE
FACHADAS INDUSTRIALIZADAS EM ACM**

Salvador

2021

SAMARA QUEIROZ DOS SANTOS

**TECNOLOGIA DE MAPEAMENTO 3D PARA A
OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS E PROCESSOS DE
FACHADAS INDUSTRIALIZADAS EM ACM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Moisés Ferreira Eleutério Silva.

Co orientadora: Prof^ª. MSc. Juliana Sampaio Álvares.

Salvador

2021

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de começar dando glória e honra a Deus, porque Ele foi real durante esse processo e eu O vivi em todas as etapas. Foi Ele quem me sustentou ao longo dessa caminhada que foi prazerosa e construtiva, mas que também teve momentos de dúvidas e desânimos. E, sempre que eu estava cansada, com o nível de estresse alto e sem conseguir tirar um tempo para respirar, Ele vinha com fôlego e me dava forças de novo. Encerro esse ciclo com oportunidades e reconhecimento que não imaginava, e isso é resultado de ter sido a segunda em tudo que vivi. Obrigada, Senhor!

Agradeço a minha família que não mediram esforços para serem o suporte que eu precisava. Desde sempre abriram mão de vontades e sonhos próprios para me proporcionarem além do que eu precisei, conforto. Sem a ajuda de vocês eu não teria conseguido. Muito obrigada por tudo, agora podem descansar!

Agradeço aos meus amigos e a minha igreja (IBJM) que, durante esse tempo, só disseram palavras de incentivo e acreditaram em mim e em onde eu posso chegar. Vocês foram equilíbrio. Muito obrigada!

Aos meus orientadores que foram excelentes em seu papel, meu muito obrigada! Durante esse estudo, o nome “orientadores” se aplicou perfeitamente a vocês, que a todo tempo instruíram assertivamente e com competência para que o projeto tivesse sucesso. Deixo registrada minha admiração pelos profissionais que são e agradeço imensamente a oportunidade de trabalharmos juntos nesse período.

Meus sinceros agradecimentos à equipe da RTEC, que abraçaram esse projeto e participaram ativamente da sua execução. Disponibilizaram seu tempo, espaço e recursos para tornar possível o desenvolvimento. Vocês foram essenciais para que esse estudo desse certo (e deu!). Muito obrigada!

Agradeço também às empresas que contribuíram para o projeto, em especial à Alukroma, que compartilhou seu conhecimento e materiais riquíssimos para o estudo do ACM, e à CPE Tecnologia, fornecedora parceira do equipamento laser scanner para a execução do projeto.

Vocês foram uma verdadeira, forte e ativa rede de apoio. Minha sincera gratidão!

*“O que resta de uma ‘obra’?
A matéria transformando-se inteiramente.*

A única força revolucionária é a força da criatividade humana.”

(Joseph Beuys)

RESUMO

Com um maior estímulo à industrialização dos processos, nos últimos anos, tem-se observado um crescente movimento da cadeia da construção para a busca por sistemas de fachadas não aderidas em detrimento às fachadas aderidas argamassadas. O fato decorre não só devido a uma redução substancial em problemas associados ao baixo controle tecnológico na execução dos revestimentos, mas na velocidade de execução e montagem no canteiro. Nesse contexto, o uso de fachadas do tipo alumínio composto (ACM), por exemplo, tem demonstrado grande aceitabilidade devido a uma maior flexibilidade construtiva, redução de desperdícios, leveza na estrutura, facilidade de manutenção, além de possibilitar maior produtividade. Em contrapartida, um dos grandes desafios está na etapa de medição “in situ”, cuja aquisição de informações ainda precede de métodos de coleta manuais e que podem aumentar o grau de incerteza dos valores obtidos. Dessa forma, o objetivo do trabalho consiste em utilizar a tecnologia de mapeamento 3D, mais especificamente, a *Light Detection And Ranging* – LIDAR, para promover agilidade e precisão na coleta dos dados para elaboração do projeto executivo com menor número de retrabalhos. Como proposta metodológica, estabeleceu-se dois momentos distintos de avaliação. O primeiro consistiu na elaboração de um QFD a fim de identificar os principais requisitos do cliente. Em um segundo momento, buscou-se uma revisão teórica sobre a temática, incluindo a implementação de uma versão beta para melhor compreensão das funcionalidades do equipamento, resolução e as limitações de operação. Por fim, iniciou-se o planejamento para a implementação da versão alfa com a coleta de dados com o mapeamento 3D em uma obra industrial. Os resultados demonstraram que o uso da tecnologia permitiu aumentar, satisfatoriamente, a produtividade e precisão do projeto executivo e reduzir a taxa de perda do ACM na produção dos painéis modulares. Portanto, conclui-se que, após alguns ajustes processuais, a aplicação do mapeamento 3D é viável e com campo para desenvolvimento do estudo avaliando os benefícios gerados nas demais etapas da fabricação de fachadas em ACM.

Palavras-chave: industrialização, alumínio composto (ACM), fachadas, mapeamento 3D.

ABSTRACT

With increased stimulus to the industrialization of processes, in recent years, there has been a growing movement in the construction chain towards the search for non-adhered façade systems in detriment to mortar adhered façades. This fact is due not only to a substantial reduction in problems associated with low technological control in the execution of coatings, but also in the speed of execution and installation at the construction site. In this context, the use of composite aluminum (ACM) facades, for example, is characterized by great acceptability due to greater constructive flexibility, reduced waste, light structure, ease of maintenance, in addition to enabling greater productivity. In contrast, one of the great challenges is the “in situ” measurement stage, whose acquisition of information still precedes manual collection methods and which can increase the degree of uncertainty of the values obtained. Thus, the goal of the work is to use a 3D mapping technology, more specifically, a Light Detection And Ranging - LIDAR, to promote agility and precision in data collection for the elaboration of the executive project with less rework. As a methodological proposal, two distinct evaluation moments are created. The first consisted of preparing a QFD to identify the main customer requirements. In a second moment, a theoretical review on the subject was sought, including the implementation of a beta version for a better understanding of the equipment's characteristics, resolution and operating limitations. Finally, planning for the implementation of the alpha version began with data collection with 3D mapping in an industrial site. The results demonstrated that the use of technology satisfactorily increases the productivity and precision of the executive project and reduces the loss rate of the ACM in the production of modular panels. Therefore, it is concluded that, after some procedural adjustments, the application of 3D mapping is viable and with a field for the development of the study evaluating the benefits generated in the other stages of manufacturing facades in ACM.

Key-words: industrialization, composite aluminum (ACM), façades, 3D mapping.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Projeto Lycée Georges Frêche – School of Hotel Management: Edifício educacional, localizado em Montpellier, França, na cor Anodized Look C0/EV1, com sistema de construção cassettes-special.	20
Figura 2 – Ilustração de uma fachada falsa.....	21
Figura 3 – Ilustração de uma fachada real do tipo “muro cortina”.	22
Figura 4 – Representação do funcionamento de uma fachada ventilada em comparação ao sistema de fachada vedada.....	23
Figura 5 – Ilustração de uma fachada mista.....	24
Figura 6 – Ilustração de funcionamento e componentes do Sistema Stick.	25
Figura 7 – Ilustração de funcionamento e componentes do Sistema <i>Unitized</i>	26
Figura 8 – Composição da chapa de ACM.....	27
Figura 9 – Projeto CoMED: Edifício residencial, localizada em Wien, Austrália, na cor Galaxy Blue 918 da Alucobond, com sistema construtivo colado.	30
Figura 10 – Projeto Bauhaus: Edifício industrial, localizado em Berlin, Alemanha, na cor Brilliant Metallic 602, com sistema construtivo cassete excepcional.	30
Figura 11 – Projeto Porsche: Edifício corporativo, localizado em Vilnius, Lituânia, na cor Silver Metallic 500, com sistema de construção SZ20.	31
Figura 12 – Modelo laser scanner ZEB Horizon GEOSLAM.	42
Figura 13 – Equipamento laser scanner completo, com todos os componentes necessários à utilização.	43
Figura 14 – Interface do GeoSLAM Hub apresentando a visão superior de nuvens de pontos meramente ilustrativas. As nuvens são diferenciadas com as cores amarelo e vermelho, estando em vermelho a nuvem com possibilidade de edição. A definição da nuvem a ser editada pode ser escolhida e trocada a qualquer momento.	44
Figura 15 – Diferenciais de operação prezados pelo cliente.....	45
Figura 16 – Exemplo do esquemático de manufatura da produção de quadros.	46
Figura 17 – Fluxo do processo global da RTEC.....	46
Figura 18 – Mapa mental expondo as principais dificuldades elencadas pelo cliente.	47

Figura 19 – Processo de medição tradicional realizado no local da versão beta deste estudo.	51
Figura 20 – Nuvem de pontos, sem tratamento, resultante do mapeamento 3D da versão beta, apresentado no Recap Pro.	52
Figura 21 – Primeira modelagem teste utilizando a nuvem de pontos, contendo todos os componentes da fachada.	53
Figura 22 – Local do mapeamento da versão alfa, com a disposição de andaimes ao longo da estrutura.	54
Figura 23 – Marcador fixado na estrutura.	55
Figura 24 – Resultado inicial bruto do mapeamento 3D após sobreposição das nuvens de pontos apresentado no Cloud Compare.	56
Figura 25 – Foco da estrutura a ser revestida em ACM futuramente, no formato bruto da nuvem de pontos, em sua densidade máxima, apresentado no Recap Pro.	56
Figura 26 – Nuvem de pontos otimizada após limpeza de dados não necessários para o desenvolvimento do projeto, representando a estrutura objeto para desenvolvimento do projeto executivo, apresentada no Revit.	57
Figura 27 – Vista superior da modelagem dos elementos de fachadas em ACM, com base na nuvem de pontos da versão alfa.	57
Figura 28 - Vista inferior da modelagem dos elementos de fachadas em ACM, com base na nuvem de pontos da versão alfa.	58
Figura 29 – Plano de corte considerando os dados obtidos do processo tradicional de medição.	62
Figura 30 – Plano de corte considerando os dados obtidos do processo de mapeamento 3D utilizando a tecnologia laser scanner.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo dos pesos dos sistemas construtivos em kg/m ²	32
Tabela 2 – Comparativos dos custos dos sistemas construtivos em R\$/m ²	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resistência do painel ACM.	28
Quadro 2 – Tolerância nas dimensões do alumínio composto.....	28
Quadro 3 – Dimensionamentos usuais das chapas de alumínio composto conforme sua aplicação.....	29
Quadro 4 – Lista dos principais recursos utilizados para desenvolvimento do estudo.	42
Quadro 5 – Análise comparativa da produtividade projetual entre a execução do processo tradicional e com a inserção do laser scanner.....	59
Quadro 6 – Análise comparativa das taxas de perda do alumínio composto (ACM) entre dois cenários de processo: tradicional X mapeamento 3D.....	64
Quadro 7 – Simulação para cálculo simplificado de payback do investimento do laser scanner.	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo de espessura, peso e rigidez do ACM em comparação a outros materiais.....	32
Gráfico 2 – Resultado final do QFD.....	48
Gráfico 3 – Representação da produtividade de projeto entre as versões beta e alfa.	61
Gráfico 4 – Projeção da otimização do uso do alumínio composto, comparando os cenários com o processo tradicional e com o mapeamento 3D.	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. JUSTIFICATIVA.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. Objetivo Principal	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
2. REVISÃO TEÓRICA	17
2.1. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	17
2.2. FACHADAS INDUSTRIALIZADAS	18
2.2.1. Classificação, Componentes Básicos e Requisitos Técnicos	19
2.2.2. ACM – <i>Aluminum Composite Material</i>	27
2.2.3. Vantagens de Utilização do ACM.....	29
2.2.4. Referências Normativas	33
3. MAPEAMENTO 3D.....	36
3.1. LASER SCANNER – ESCANEAMENTO A LASER.....	37
3.1.1. Um Caso Aplicado.....	38
4. METODOLOGIA	40
4.1. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	40
4.2. REUNIÕES E ENTREVISTAS.....	41
4.3. RECURSOS UTILIZADOS (PRINCIPAIS).....	41
4.4. OBJETO DE ESTUDO.....	44
5. ESTUDOS DE CASO	50
5.1. ESTUDO DE CASO - VERSÃO BETA	50
5.2. ESTUDO DE CASO – VERSÃO ALFA.....	53

6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
6.1.	RESULTADOS QUANTITATIVOS.....	59
6.2.	RESULTADOS QUALITATIVOS.....	66
6.3.	ANÁLISE DE PAYBACK.....	67
7.	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICES.....	77

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

Admite-se, cada vez mais, a necessidade de elevar a padronização e aumentar a produtividade das obras de construção civil. Apesar de se caracterizar como um setor complexo, de várias interfaces integradas, a indústria da construção civil requer ações e resultados com padrões de qualidade elevados, eficientes, dinâmicos e precisos.

O tradicional progresso da construção de forma manual com a presença humana ainda é dominante, fato que torna os processos construtivos com alta taxa de variabilidade, maior número de atividades e custo de produção elevado. Em contrapartida, “automatizar o monitoramento do andamento da construção promete aumentar a eficiência e a precisão desse processo. Isso inclui a obtenção do estado atual da construção, a comparação do estado real com o pretendido e a detecção de variações no cronograma e/ou desvios na geometria” (BRAUN *et al.*, 2015).

Em decorrência do aprimoramento da tecnologia da informação, tal ferramenta tem se tornado eficaz para garantir a melhoria dos aspectos destacados por Braun *et al.* (2015) de forma mais rápida, confiável e transparente. Dessa forma, percebe-se a tendência de se incorporar tais tecnologias aos processos da construção, a fim de coletar um volume de informações maior do *site* para processá-las e projetá-las no *offsite* de forma antecipada e planejada, aumentando, portanto, consideravelmente, o poder de gerenciamento do projeto.

Decerto, um projeto de construção civil é concebido pelo conjunto da exequibilidade de outros subprojetos. A exemplo da construção de uma edificação, tem-se as etapas de fundação, estrutura, alvenaria, instalações elétricas e hidrossanitárias, instalações de esquadrias e portas, paisagismo, revestimentos de fachadas, dentre outras. Em todas essas etapas há espaço para desenvolvimento dos quesitos já expostos, no entanto, ao delimitar o estudo ao último item, o que parece ser apenas inconveniência de um processo que funciona, se potencializa e manifesta-se em toda a sua cadeia produtiva com retrabalho, baixa produtividade,

perda de material, alta variabilidade dos processos e produtos, e consequentes custos excedentes, diminuindo o fator de rentabilidade da operação.

De forma prática, quando se trata de fachadas industrializadas, especificamente, o controle comprometido da execução de uma obra interfere, diretamente, na compatibilização entre a fachada projetada e o construído, acarretando em redução da produtividade de instalação comprometendo o prazo, desperdício no direcionamento de insumos, aumento dos custos e acréscimo de atividades que não agregam valor na tentativa de corrigir os gargalos não previstos.

Nesse cenário, a precisão e a produtividade da instalação de fachadas é comprometida em decorrência (1) da propensão a erros naturais durante a extração manual de dados em campo, (2) da sujeição das interpretações pessoais subjetivas a respeito do que precisa ser medido, como precisa ser medido e a forma a ser apresentado, (3) da utilização de medidas projetadas em detrimento do que realmente foi executado, e (4) do tempo necessário de processamento e transmissão das informações.

Diante disso, para que o controle seja eficaz, e esses requisitos sejam atendidos, se faz necessária a utilização de um sistema robusto (ÁLVARES, 2019) que colete os dados de forma rápida e precisa, com capacidade de armazenamento de alto volume de informações, e que entregue esses dados em formato de fácil compreensão e processamento.

Em concordância ao fomento à indústria da construção 4.0, TEIZER (2015) aponta as tecnologias digitais com representações visuais, a exemplo de imagens e vídeos, reconstruções 3D de ambientes, modelos 3D e simulações 4D, como valiosas ferramentas capazes de aprimorar e modernizar o monitoramento do progresso de obras.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Principal

Avaliar os benefícios gerados pela implementação de mapeamento 3D no contexto dos projetos e processos de manufatura e de instalação de fachadas em ACM para edificações.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar os resultados gerados da coleta e tratamento dos dados, comparando-se a medição de campo com a medição por mapeamento 3D;
- Avaliar o aumento da produtividade e qualidade de informação da entrega do projeto executivo das fachadas em ACM;
- Identificar pontos de melhorias nos processos internos, a fim de reduzir e/ou eliminar as atividades que não agregam valor;
- Medir a precisão do projeto executivo, e por consequência, a produção dos painéis ACM, com o intuito de reduzir a perda e o desperdício de material;
- Antecipar a identificação de gargalos que podem ocorrer durante a instalação de fachadas em ACM, e, assim, possibilitar o aumento da produtividade de execução em campo;
- Realizar uma análise da viabilidade econômica da aquisição do equipamento, associando a relação do investimento X volume de serviços executados;

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

BLACHERE (1977) afirma que “o método industrial é aquele que, entre as várias modalidades de produção, é baseado, essencialmente, em processos de natureza repetitiva e nos quais a variabilidade incontrolável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as ações artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva” (apud FROME, 2002, p.3). Nesse ponto, tem-se que a industrialização de um processo é equivalente à otimização de uma atividade, sendo também o resultado palpável do princípio 80/20 de Pareto.

A construção civil se trata de um macro setor a qual é formada por atividades que ocorrem de forma hierarquizadas, sendo que tais atividades são pautadas na incerteza do empirismo, grande variabilidade e desperdícios de materiais e mão de obra. Além disso, a cultura do setor ainda é regida por processos tradicionais, o que tem dificultado a implementação de estratégias de inovação, apesar de que, nos últimos anos, tenha se observado um movimento progressivo da cadeia para a industrialização dos processos, face a uma necessidade de maior competitividade e sustentabilidade dentro do mercado.

Eliminar atividades e processos que não agregam valor e adaptar ou substituir tarefas já existentes para que se tornem mais produtivas são estratégias não só incentivadas por Koch, mas também defendidas pelo Sistema Toyota de Produção (TPS), que incorpora em sua essência a filosofia *Kaizen*, responsável por metodologias de gestão industrial utilizadas e reconhecidas por diversas empresas no mundo pela sua validade, a exemplo da redução dos 3 M's (*Muri, Mura, Muda*), os princípios do *Lean Manufacturing*, o sistema *Just in Time*, o *Kanban*, dentre outras.

Assim como nas outras indústrias, na construção civil existe espaço para incluir essas metodologias nos seus processos. É possível ver o *Just in Time* ser aplicado, por exemplo, na área de compras, logística e em investimento financeiro; o *Kanban* é largamente utilizado para otimização do controle de estoque; e a

extensão dos princípios *Lean* para o *Lean Construction* fundamentam as discussões para se alcançar uma gestão de obras eficiente a baixo custo.

Apesar de ser uma realidade distante para a maior parcela das empresas da construção civil, já existem organizações que aplicam isso no seu dia-a-dia de forma consolidada, com destaque especial para a “Brasil ao Cubo”, uma construtech criada em 2016 “destinada a transformar processos e gerar valor através de uma construção que utiliza tecnologia ao seu favor” como descrita pelo seu próprio diretor Ricardo Mateus.

A BR3 – como a empresa é amistosamente chamada no mercado – é especializada na construção de obras off-site, e entregam, hoje, construções completas, sejam elas hospitalares, industriais, residenciais, corporativas, em prazos recordes, com a utilização de módulos que já incluem a parte elétrica, hidráulica, entradas de ar, instalações de telecomunicações e, optativamente, a decoração interna.

Com este exemplo, pode-se observar a modulação das construções, viabilizada pela aplicação de tecnologias fabris, como soluções principais para desencadear a industrialização da construção.

2.2. FACHADAS INDUSTRIALIZADAS

A necessidade de se construir em prazos cada vez mais exíguos, com custos controlados, elevado desempenho e desperdício mínimo, vem impulsionando a busca por sistemas construtivos mais racionais e menos artesanais. Acompanhando esse movimento, as fachadas industrializadas ganham cada vez mais atenção, justamente pelo potencial de atender a esses critérios.

Entre as tecnologias disponíveis para esse sistema, estão associadas soluções que englobam desde apenas um elemento específico de revestimento até sistemas completos de vedação externa. De forma geral, tais tecnologias requerem um custo por metro quadrado mais elevado em comparação à solução tradicional com alvenaria e revestimento de argamassa.

No entanto, considerando que esses custos são oriundos do fornecimento de um material com maior controle tecnológico e precisão, em uma análise global, as

fachadas industrializadas podem induzir ganhos consideráveis como consequência do menor tempo de execução da fachada.

2.2.1. Classificação, Componentes Básicos e Requisitos Técnicos

As fachadas industrializadas podem ser classificadas segundo 3 critérios: pelo tipo de projeto, pela função e pelo sistema de fabricação e de montagem.

Quanto ao tipo de projeto, podem ser divididos em (1) sistema “*gamista*” e (2) sistema de design. O sistema “*gamista*” se trata das fachadas que são projetadas a partir dos sistemas padrões que as empresas oferecem no mercado – tais sistemas serão vistos posteriormente, ainda nessa seção. Algumas empresas possuem um portfólio com diferentes sistemas de instalação que variam conforme as especificações das fachadas, então é escolhido pelo projetista o sistema mais conveniente à fachada projetada em questão, e instalado por uma subcontratada, que recebe o material em formato conhecido como *prêt-à-porter*.

Ou seja, os sistemas de fachadas saem de fábrica pré-modulados e prontos para a instalação, sem necessidade de manufatura em campo, tornando a execução mais fácil, produtiva e precisa para o instalador contratado. Esses casos são vistos, principalmente, em edificações comerciais, por exemplo, em que o design da fachada não é a característica principal do projeto.

Já o sistema de design, se aplica às fachadas que por suas características singulares do projeto arquitetônico, precisam de projeto específico desenvolvido exclusivamente de acordo com às necessidades indicadas. Um exemplo de fachadas especiais pode ser visto na figura 1 a seguir.

Figura 1 – Projeto Lycée Georges Frêche – School of Hotel Management: Edifício educacional, localizado em Montpellier, França, na cor Anodized Look C0/EV1, com sistema de construção cassetes-special.

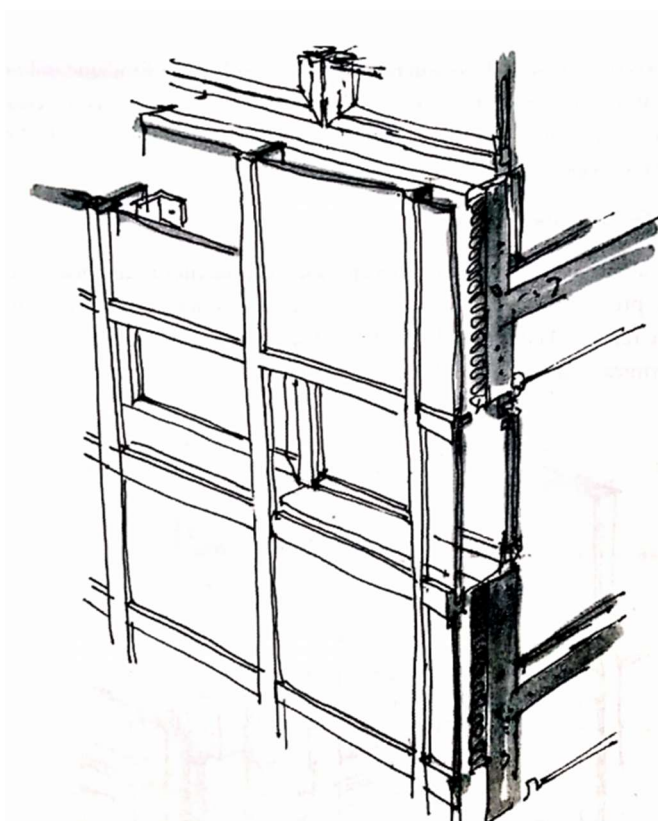


Fonte: Alucobond, 2012.

Nesse caso, o arquiteto projetista participa ativamente do desenvolvimento do projeto executivo da fachada a fim de garantir as exigências básicas da forma da estrutura da edificação e os requisitos técnicos correspondentes.

Quanto às funções, o primeiro tipo a ser abordado será a fachada falsa ou fachada virtual. Comum em obras de *retrofit*, as fachadas falsas são aquelas que se sobrepõem a outra fachada pré-existente. Por ser constituinte de uma subestrutura, também em material metálico, e o revestimento não ser fixado à estrutura principal da edificação, essa sobreposição se torna possível. Dessa forma, a fachada falsa transmite todas as suas cargas estáticas e dinâmicas à fachada pré-existente, através de ancoragens e perfis de acordo com o projeto executivo.

Figura 2 – Ilustração de uma fachada falsa.



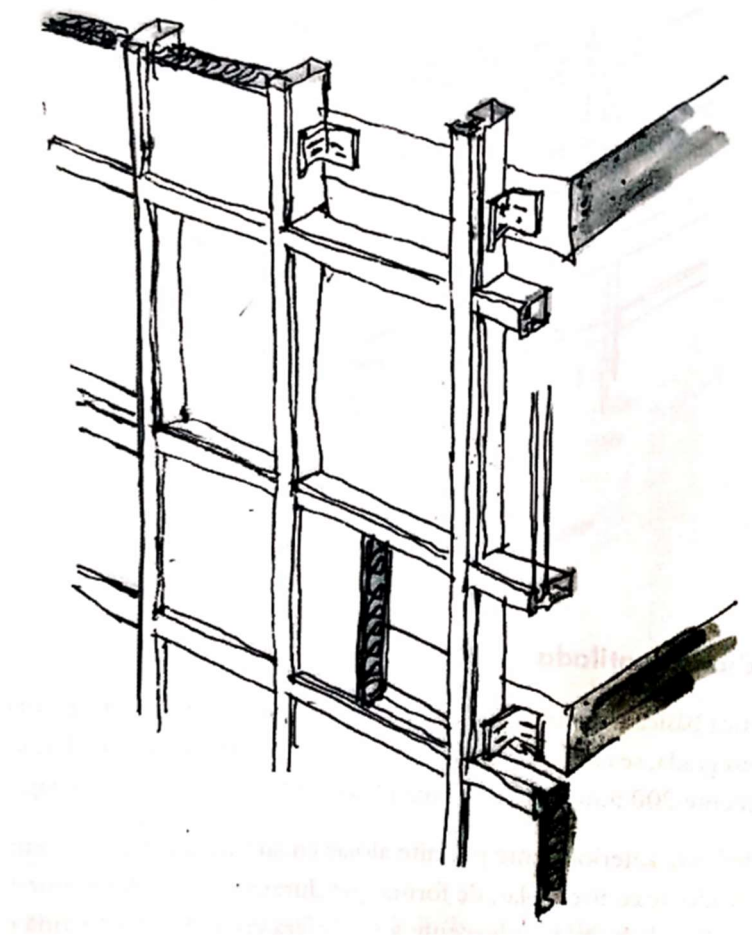
Fonte: Alucoil, 2006.

As fachadas falsas (ver figura 2) são conhecidas por 2 grupos: frias e quentes. As frias, possuem uma camada de ar interna com a finalidade de proporcionar a circulação do ar natural, e são previstos no seu espelho frontal aberturas em pontos

estratégicos para garantir o equilíbrio de pressão entre o ambiente externo e interno. Já as fachadas quentes são completamente vedadas, e sua finalidade é acentuar os benefícios da fachada pré-existente e garantir a estanqueidade do sistema e a transmitância térmica.

Em oposição às fachadas falsas, têm-se também, apesar de mais incomuns no Brasil, as fachadas reais (ver figura 3). Nesse caso, a fachada é a própria constituição da separação entre ambiente interno e externo, sendo, portanto autoportante. Ou seja, as fachadas reais suportam, necessariamente, tanto o seu peso próprio quanto as cargas de pressão, sucção e cisalhamento provocadas pelo vento.

Figura 3 – Ilustração de uma fachada real do tipo “muro cortina”.

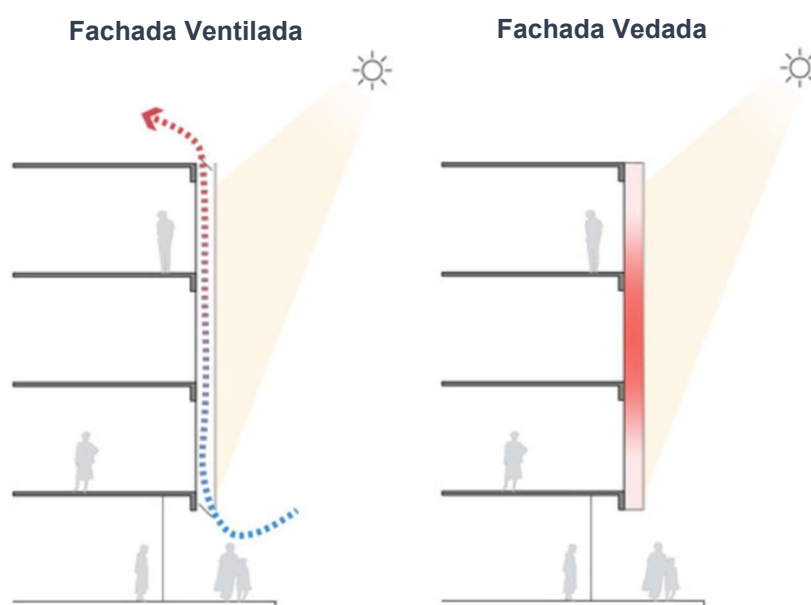


Fonte: Alucoil, 2006.

Nesse tipo de fachada, normalmente os painéis são projetados para que sejam instalados à frente dos montantes verticais, formando uma estrutura conhecida como “muro cortina”, ou por entre os montantes, formando um sistema denominado de “fachada *pane*”.

Existem também as fachadas ventiladas, similares às fachadas falsas frias, as quais formam uma câmara de ar interna entre as superfícies com afastamento convencional de aproximadamente 200 mm, como mostra o esquema da figura 4.

Figura 4 – Representação do funcionamento de uma fachada ventilada em comparação ao sistema de fachada vedada.



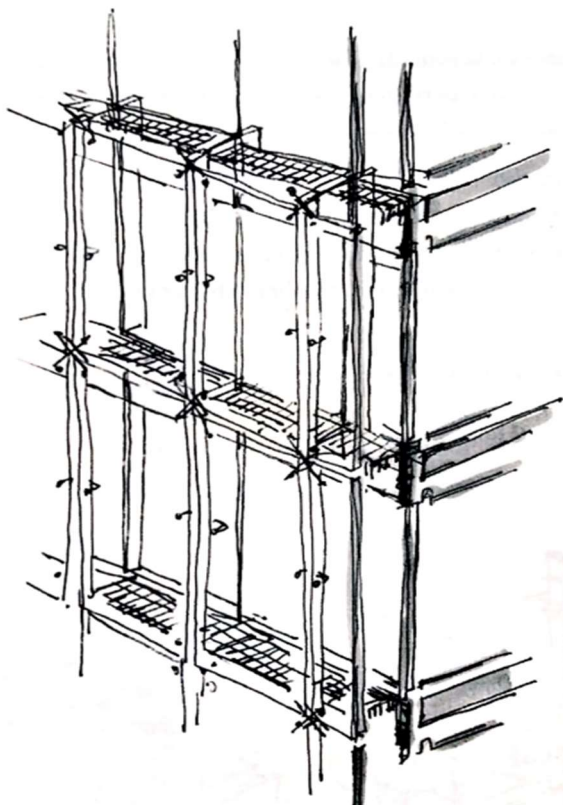
Fonte: ArchDaily, 2019.

A diferença é que, nesse sistema, a fachada sobreposta e a existente constituem a fachada monolítica, e funcionam como um sistema de isolamento térmico para a edificação, de forma que, durante o inverno, o calor é retido internamente, e, durante o verão, a cortina de ar reduz a temperatura do edifício, tornando o ambiente agradável termicamente conforme sugere as normas de desempenho.

E, por fim, existem as fachadas mistas, que integram a fachada da própria edificação com as fachadas do tipo real, com espaçamento entre elas de 500 mm a 1000 mm. A vantagem desse sistema é a flexibilidade entre os elementos estéticos,

dando maior liberdade criativa aos arquitetos para projetar as fachadas mesclando formas, texturas, materiais, etc.

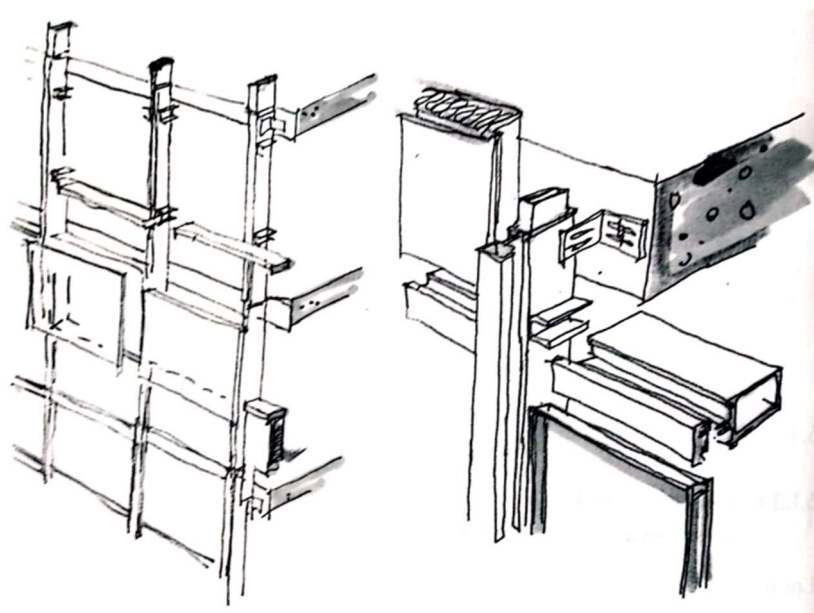
Figura 5 – Ilustração de uma fachada mista.



Fonte: Alucoil, 2006.

Em relação aos sistemas construtivos, o mais utilizado e mais comum no mercado é o que faz uso dos montantes e travessas, e é chamado de Sistema Stick (ver figura 6). Nesse sistema os montantes e as travessas são justapostos formando uma retícula retangular de forma que possibilitem a instalação dos painéis para vedar a fachada.

Figura 6 – Ilustração de funcionamento e componentes do Sistema Stick.



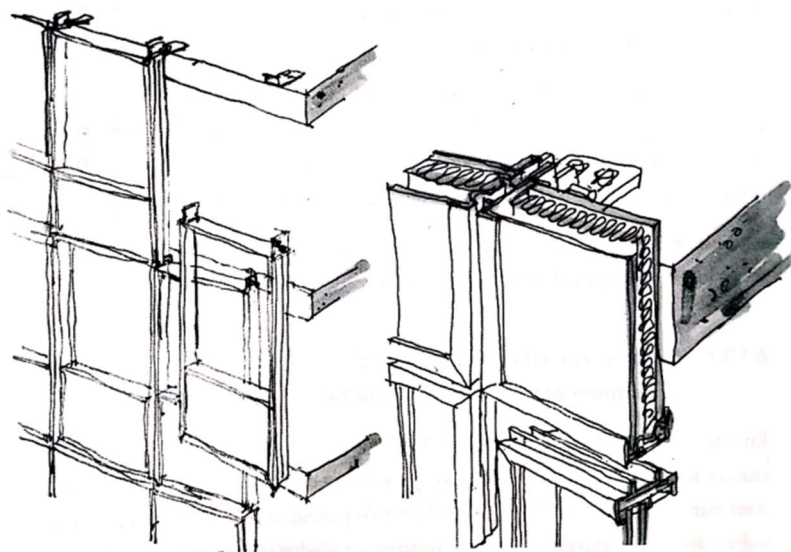
Fonte: Alucoil, 2006.

O sistema stick permite que os painéis de vedação sejam produzidos de forma manual, com a utilização de lixadeira, tupias e fresas manuais, por exemplo, entretanto sua manufatura também pode ser realizada com tecnologias sofisticadas, como router CNC. No entanto, o transporte e a montagem em obra se dão, ainda, de forma individualizada.

A vantagem desse sistema é que existe tolerância para corrigir eventuais desvios da estrutura principal, e possibilita correção facilmente. No entanto, por possuir um número elevado de conexões (entre os montantes e travessas da estrutura secundária, entre a estrutura secundária e a estrutura principal, e entre a estrutura secundária e os painéis ACM) e juntas, a produtividade de montagem é comprometida, já que é realizada no campo.

Analogamente, existe o “Sistema *Unitized*” (ver figura 6), ou como são mais conhecidos no mercado, fachadas com módulos pré-fabricados, os quais ao invés de realizar a montagem das ligações entre os elementos no campo – no momento da instalação – os elementos são manufaturados e pré-montados em fábrica, com utilização de tecnologias como *router* CNC e sistema pneumático, em ambiente controlado, garantindo maior precisão e produtividade.

Figura 7 – Ilustração de funcionamento e componentes do Sistema *Unitized*.



Fonte: Alucoil, 2006.

Por se tratar de uma fachada montada por dentro da sua estrutura, a tolerância é menor em comparação aos outros sistemas, sendo de aproximadamente 5 mm. O resultado disso é a expedição de módulos prontos para instalação, que é possível graças ao desenvolvimento de um projeto executivo preciso e de fácil entendimento, reduzindo e simplificando, portanto, os trabalhos realizados na obra.

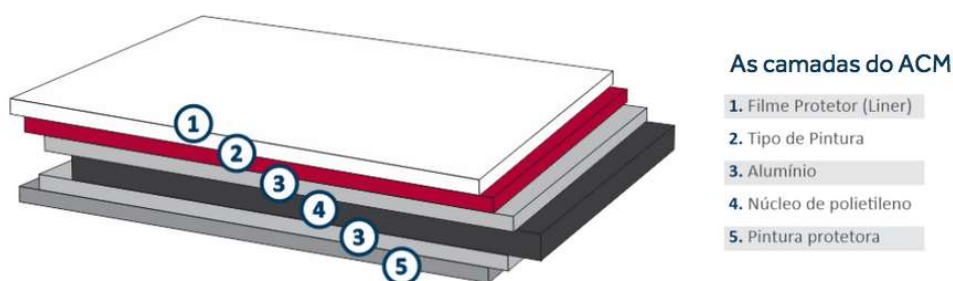
Há, também, o Sistema *Sprandel*, que se trata de uma consequência da racionalização do Sistema *Stick*, sendo que o princípio do processo se dá de forma manual e é finalizado com o conceito da fabricação com a pré-montagem dos elementos.

Esse sistema proporciona uma melhora notável na eficiência de instalação, com aumento de produtividade e conservando o canteiro de obras limpo, no entanto, no seu conceito, ainda é considerado um sistema *stick* (ALUCOIL, 2006).

2.2.2. ACM – Aluminum Composite Material

O alumínio composto, popularmente conhecido como ACM – sigla proveniente da sua nomenclatura no inglês “*Aluminum Composite Material*” – consiste em uma chapa sólida formada por duas lâminas de alumínio e um núcleo de polietileno de baixa densidade (LDPE) ou núcleo mineral com propriedades antichamas (FR). Essa chapa também possui duas camadas de pintura e um filme protetor de PVC, como pode ser visto na figura 8 abaixo.

Figura 8 – Composição da chapa de ACM.



Fonte: Construcare.

Existe, no mercado, uma grande diversidade dos materiais oferecidos com diferentes combinações de suas propriedades técnicas como dimensões, espessuras, tipos de núcleos, pinturas, resinas, cores e tratamentos especiais como anodização, adição de zinco, etc. A escolha correta das particularidades do ACM depende da finalidade de cada projeto, no entanto, de forma geral, existem dois aspectos desse material que devem ser prezados nos projetos de fachadas: planicidade e resistência.

O primeiro pode ser facilmente verificado de forma visual, ao observar a chapa em vários ângulos diferentes sob a luz do sol; o segundo, é definido de forma proporcional à espessura tanto das lâminas quanto do polietileno que a compõe, varia conforme altura de instalação, condições de apoio, geometria do painel, dentre outros fatores. A fim de garantir a correta especificação desses aspectos, a ABNT NBR 15446:2006 faz as seguintes considerações:

Quadro 1 – Resistência do painel ACM.

Espessura nominal mm	Rigidez (EI) ¹⁾ kNm ² /m		Módulo de resistência ($W=2.I:e$) ²⁾ cm ³ /cm	
	Uso externo	Uso interno	Uso externo	Uso interno
2	-	0,0345	-	0,51
3	0,125	0,0865	1,25	0,81
4	0,240	0,1620	1,75	1,11
6	0,590	-	2,75	-

¹⁾ E é o módulo de elasticidade, em quilogramas-força por centímetro quadrado.

²⁾ W é o módulo de resistência, em centímetros cúbicos por metro;
 I é o momento de inércia da seção composta, considerando apenas a chapa de alumínio, em centímetros elevados à quarta potência por metro;
 e é a espessura do painel.

Fonte: ABNT NBR 15446 (2006) - tabela 8.

Quadro 2 – Tolerância nas dimensões do alumínio composto.

Espessura nominal mm	Tolerâncias mm		
	Espessura	Largura	Comprimento
2	± 0,2	- 0 + 5	- 0 + 9,5
3	± 0,2	- 0 + 5	- 0 + 9,5
4	± 0,2	- 0 + 5	- 0 + 9,5
6	± 0,2	- 0 + 5	- 0 + 9,5

Fonte: ABNT NBR 15446 (2006) – tabela 9.

Portanto, de forma geral, atendendo os parâmetros estabelecidos pela norma, a fabricação e aplicação dos painéis em ACM pelos grandes fornecedores seguem a seguinte ordem:

Quadro 3 – Dimensionamentos usuais das chapas de alumínio composto conforme sua aplicação.

Espessura Total (mm)	Espessura da Lâmina de Alumínio (mm)	Aplicação
3,0	0,21	Portas, interiores, sinalizações e comunicação visual.
3,0	0,30	Identidade corporativa, portas, interiores, sinalizações e comunicação visual.
3,0	0,40	Implementos rodoviários.
3,0	0,50	Edificações abaixo de 4 pavimentos.
4,0	0,30	Identidade corporativa, portas, interiores, sinalizações, comunicação visual e edificações abaixo de 4 pavimentos.
4,0	0,50	Edificações acima de 4 pavimentos e portas.
5,5	0,40	Implementos rodoviários.
6,0	0,40	Implementos rodoviários.

Fonte: Alukroma, 2021 (adaptado).

2.2.3. Vantagens de Utilização do ACM

O ACM tem sido avaliado prioritariamente nos projetos mais recentes de construção civil como alternativa tecnológica para revestimento de fachada, em detrimento dos usuais revestimentos cerâmicos, por exemplo.

Sua classificação no mercado como ‘mais eficiente’ se dá devido a atributos como alta durabilidade, versatilidade, leveza, resistência e, principalmente, por ser um revestimento externo não aderido ao substrato, o que o torna livre para movimentações térmicas e higroscópicas conforme seu próprio coeficiente de expansão, ou seja, independente da base em que está fixado.

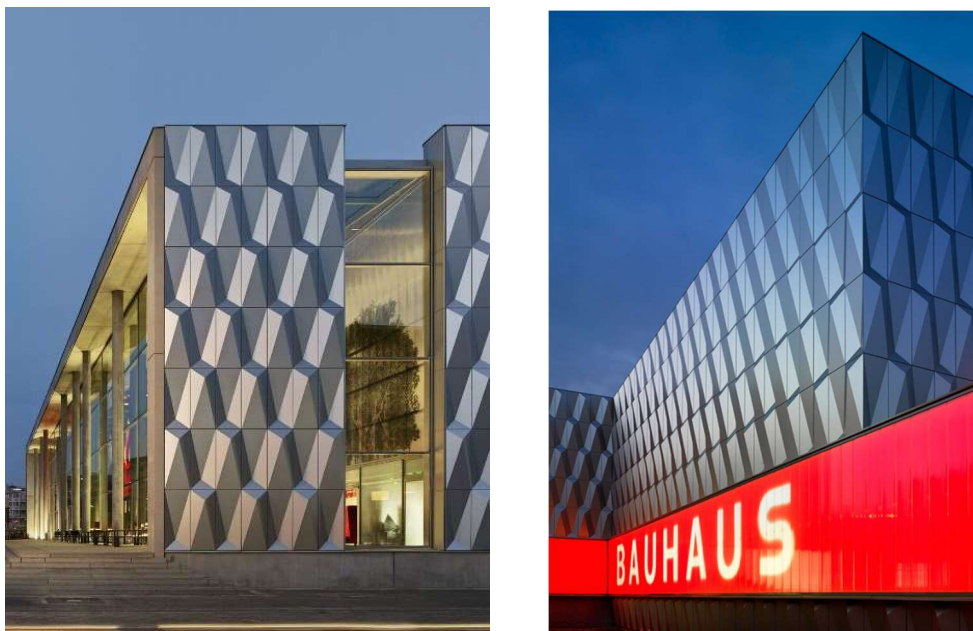
A primeira grande vantagem do ACM que pode ser reconhecida pelas interfaces relacionadas é a sua versatilidade. Na utilização de fachadas, permite expressivas alterações estéticas decorrente da sua plasticidade, grande variedade de cores disponíveis e possibilidade de fabricação com medidas especiais, proporcionando um design arrojado e personalizado ao projeto, como é possível observar nas figuras 9, 10 e 11.

Figura 9 – Projeto CoMED: Edifício residencial, localizada em Wien, Austrália, na cor Galaxy Blue 918 da Alucobond, com sistema construtivo colado.



Fonte: Alucobond, 2016.

Figura 10 – Projeto Bauhaus: Edifício industrial, localizado em Berlin, Alemanha, na cor Brilliant Metallic 602, com sistema construtivo cassete excepcional.



Fonte: Alucobond, 2013.

Figura 11 – Projeto Porsche: Edifício corporativo, localizado em Vilnius, Lituânia, na cor Silver Metallic 500, com sistema de construção SZ20.



Fonte: Alucobond, 2015.

ACM não só garante expressão estética marcante, como também permite sua instalação sem a necessidade de remoção de paredes ou estrutura pré-existentes na edificação, já que seu sistema construtivo faz uso da subestrutura de alumínio, o que permite a sobreposição das superfícies, inclusive, dos próprios módulos de ACM. Devido a isso, é possível corrigir diferenças de prumo e nível de alvenarias e marquises, por exemplo, sem necessidade de custos adicionais.

Além disso, a utilização de uma estrutura auxiliar reduz, exponencialmente, as preocupações de cada interface envolvida acerca das manifestações patológicas, garantindo, portanto, o seu papel para o desempenho global da edificação, com oscilações e movimentações permitidas através da flexibilidade das ancoragens, conforme afirma Campos (2011).

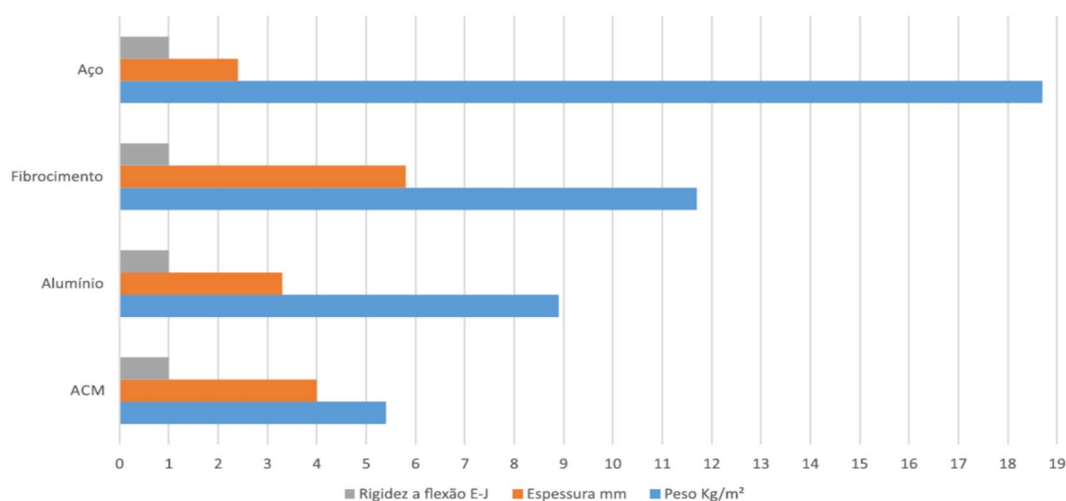
Não somente isso, o fato de remeter à obra limpa por causa da não geração de entulho em campo, assim como a leveza do ACM, também o faz se destacar dentre outras opções existentes, como vidro e porcelanato, nos casos de recuperação de fachadas ou obras *retrofit*, pois, nesse caso, corroborando com Oliveira (2009), os impactos na estrutura principal e na fundação são significativamente menores, além de modernizar a fachada preservando a originalidade da forma arquitetônica à melhor relação custo-benefício, como mostram as tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Comparativo dos pesos dos sistemas construtivos em kg/m².

Tipo	Peso revestimento	Peso subestrutura auxiliar em alumínio	Peso Total
ACM (Alumínio composto)	4,0	4,0	8,0
Vidro - <i>Glazing</i>	20,0	8,5	28,5
Porcelanato fina espessura	8,0	4,0	12,0

Fonte: Campos, 2011.

Gráfico 1 – Comparativo de espessura, peso e rigidez do ACM em comparação a outros materiais.



Fonte: Projeto Alumínio, 2020.

Tabela 2 – Comparativos dos custos dos sistemas construtivos em R\$/m².

Tipo	Custos (R\$/m ²)			
	Subestrutura auxiliar em alumínio	Mão de obra	Revestimento	Total
ACM (Alumínio composto)	44,00	130,00	85,00	259,00
Vidro - <i>Glazing</i>	230,00	382,00	150,00	762,00
Porcelanato fina espessura	130,00	250,00	150,00	530,00

Fonte: Campos, 2011.

Ainda, em comparação aos outros sistemas, a escolha de utilizar um revestimento mais leve como o ACM proporciona redução das cargas depositadas na estrutura principal, impactando diretamente no seu dimensionamento, com possível redução das seções transversais dos elementos estruturais, o que ocasiona redução de custo também com os outros materiais da obra, a exemplo do concreto e aço, diminuindo, portanto, o custo global do projeto.

Fachadas em ACM também melhoram significativamente o desempenho térmico e acústico da edificação como resultado do seu sistema construtivo, o qual propicia um distanciamento entre os painéis e as paredes de vedação do edifício, onde forma-se uma espécie de câmara de ar. Enquanto isso, a face externa dos painéis em ACM bloqueia a passagem dos raios solares, protegendo a parede do contato com a variação de temperatura do ambiente, o que reduz as dilatações térmicas e os riscos de surgimento de fissuras na edificação. Além disso, protegem a estrutura contra a poluição e intempéries promovendo longa vida útil.

Dessa forma, todas essas vantagens favorecem à fachada garantia média de mercado de 10 anos, ao baixo custo de uma fácil manutenção com limpeza simples de lavagem utilizando detergente líquido neutro transparente, água corrente e bucha macia.

Outra vantagem das fachadas em ACM é a viabilidade de pré-fabricar seus módulos em local diferente da obra, promovendo instalação rápida, limpa e precisa. Diante disso, em comparação aos demais revestimentos, tem-se o aumento da produtividade, o que aumenta o potencial de escalabilidade da produção de fachadas na construção civil, característica marcante da industrialização.

2.2.4. Referências Normativas

No Brasil, as características das fachadas em ACM devem estar em conformidade com o que a ABNT NBR 15446:2006 regulamenta. No entanto, se trata de uma norma ainda pouco desenvolvida, além de estar defasada para o ramo, que se desenvolve, nos últimos anos, de forma acelerada.

Por isso, as empresas fabricantes e instaladoras do ACM têm seus padrões de avaliação e de qualidade influenciados pelas diretrizes europeia, e buscam

cumprir os requisitos de conformidade indicados pelo selo CE (*Conformité Européenne*) – em português, “Conformidade Europeia” –, os quais estão relacionados com os Requisitos Essenciais da Diretriz 89/106/CEE “Produtos de Construção” e se detalham no anexo ZA da norma europeia UNE-EM 13830.

As características indicadas por essa norma para avaliação de conformidade do material são:

OBRIGATÓRIAS

- Reação ao fogo;
- Resistência ao fogo;
- Propagação do fogo;
- Estanqueidade da água;
- Resistência ao peso próprio;
- Resistência à carga de vento;
- Resistência ao impacto;
- Resistência ao choque térmico;
- Resistência às cargas horizontais;
- Permeabilidade do ar;
- Transmitância térmica;
- Atenuação do ruído aéreo;

NÃO OBRIGATÓRIAS

- Equipotencialização;
- Resistência a abalos sísmicos;
- Movimentação do edifício e dilatação térmica.

Já que a norma brasileira, para o fornecimento e instalação de revestimento em fachadas pelo composto de alumínio não faz menção específica a nenhum desses quesitos, os fornecedores, normalmente, criam linhas em seu catálogo de vendas que sobressaltam uma característica específica do material, que é comprado

e aplicado de acordo com a necessidade de cada projeto – esta anteriormente avaliada pelo respectivo engenheiro responsável, tomando como base conhecimentos específicos e normas referentes a outras áreas –, a exemplo do ACM com núcleo FR (*fire resistant*), o qual se caracteriza por ser retardante ao fogo, no entanto, não se trata de uma obrigatoriedade no Brasil.

3. MAPEAMENTO 3D

O levantamento cadastral ou medição de uma edificação pode ser realizado utilizando diferentes métodos e ferramentas, desde os métodos diretos, a exemplo de réguas, trenas e níveis, passando pelos métodos topográficos com a utilização de estação total e GNSS (Sistema de Satélite de Navegação Global), até os métodos mais sofisticados tecnologicamente, que geram seus resultados em um produto digital, a exemplo do mapeamento 3D.

Este último se trata de uma tecnologia que cria visualizações tridimensionais dos objetos a partir da utilização de sensores ópticos. Esses sensores podem ser passivos, os quais utilizam os dados provenientes da captura de imagem de câmeras digitais de alta resolução, método conhecido como fotogrametria; ou ativos, que utilizam dados de alcance, com predominância da digitalização através do *laser scanner*, a exemplo da tecnologia *Light Detection And Ranging* – LIDAR.

Diferentemente dos outros instrumentos de levantamento cadastral, que são utilizados para medição linear ou angular, por gerar imagens tridimensionais, o mapeamento 3D tem diversas aplicações em variados mercados. Em entrevista com a PX Scanner, empresa prestadora do serviço de mapeamento 3D e fornecedora de equipamentos de laser scanner, os contratos fechados somente entre os anos de 2020-2021 incluíam setores da indústria da construção civil, arquitetura, energia, agricultura, óleo e gás, topografia e indústria sucroalcooleira.

Tanto a fotogrametria quanto o laser scanner podem gerar nuvem de pontos que englobam coordenadas dos pontos da superfície da construção quanto do seu entorno (BRAUN *et al.*, 2015), e cada um destes métodos possui vantagens e desvantagens específicas em relação à precisão do produto, portabilidade, nível de complexidade de operação, requisitos de processamento e manipulação dos dados e seus respectivos custos, segundo Álvares (2016, p.21 apud BEMIS *et al.*, 2014; DEZEN-KEMPTER *et al.*, 2015; REMONDINO, 2011).

No entanto, para este estudo foi escolhida a tecnologia de laser scanner, porque as câmeras, enquanto dispositivos de aquisição de dados, tem a desvantagem de uma menor precisão geométrica em comparação com as nuvens de pontos de varredura a laser (BRAUN, *et al.* 2015). Além disso, os das câmeras

em comparação aos do equipamento de escaneamento a laser se mostraram próximos, e ao realizar a análise custo-benefício, optou-se pelo mapeamento a laser.

3.1. LASER SCANNER – ESCANEAMENTO A LASER

Os lasers scanners, especialmente os sistemas de pulso de laser com medição do tempo de propagação e retorno (no qual se enquadra a tecnologia de escaneamento a laser LIDAR), são sistemas que captam diretamente a geometria 3D da superfície, gerando nuvens de pontos com o registro da coordenada 3D de cada ponto na medida em que é realizada a varredura da área de interesse (REMONDINO, 2011; MELO JÚNIOR, 2016).

Eisenbeiß (2009) relata que a captura dos pontos funciona por meio da reflexão difusa do pulso de laser na direção da superfície de interesse. Esse processo permite calcular a distância entre o sensor e a superfície mapeada, através da medição do tempo desse processo (propagação e retorno) e da velocidade do pulso. Como resultado, têm-se uma nuvem de pontos coordenada tridimensionalmente.

Entre as principais vantagens destes sistemas de varredura a laser para o mapeamento 3D de superfícies e objetos por meio da geração de nuvem de pontos, pode ser destacada sua boa precisão no levantamento tanto de formas complexas e irregulares como para superfícies lisas e homogêneas, a velocidade na captura de grande quantidade de informação, e a obtenção direta da nuvem de pontos (GROETELAARS; AMORIM, 2012). Além disso, a nuvem de pontos cria uma dependência tecnológica, a qual, conforme apresentado por Huhnt (2005), serve de apoio aos processos na detecção de possíveis erros, e se apresenta neste estudo no momento de integração entre os dados reais que se encontram em campo e o ambiente digital (BRAUN *et al.* 2015); como também promove que os processos seguintes ocorram de forma digitalizada.

As aplicações existentes no mercado da construção civil para essa tecnologia abrangem diferentes vertentes. Remondino (2011), por exemplo, tem como foco do seu estudo a documentação de construções históricas, e recomenda a utilização do LIDAR – e de outros tipos de laser scanners – por ter resultado de boa acurácia para a geração de Modelos Digitais de Superfície (DSM – *Digital Surface Models*).

Paralelamente, Braun (*et al.* 2015) destaca o emprego do laser scanner para o monitoramento 3D de estruturas e construções pela captura de dados do estado *as-built*, os quais são comparados no formato de nuvem de pontos, após realizado o processamento, com o modelo de construção planejado. Segundo Braun (*et al.* 2015), as informações de processo e espaciais ajudam a melhorar os algoritmos de detecção de divergências.

Tem-se, ainda, a aplicação do LIDAR para modelagem 3D de cidades atrelada à proposta de gêmeos digitais (ou *digital twins*), modelagem de ambientes fluviais e estruturas geológicas, mapeamento de vegetações, aplicações arqueológicas, identificação de patologias em fachadas aderidas associada ao controle tecnológico da argamassa, por exemplo.

3.1.1. Um Caso Aplicado

Ao longo das pesquisas, se identificou apenas uma empresa, de nome não divulgado, que utilizou laser scanner 3D para acelerar a instalação dos painéis ACM em agosto deste ano. O serviço foi executado pela “TruePoint Laser Scanning”, uma empresa especializada em digitalização a laser 3D de alta definição, com sede estabelecida em Ohio, EUA, para a instalação dos painéis de cobertura em um terminal de aeroporto recém-construído no bairro de Queens, New York.

De acordo com Nate Baker, gerente regional do Nordeste da TruePoint, o principal desafio encarado pelo cliente, era que “os planos de construção não correspondiam às condições existentes no local. Um desvio pode causar um grande problema. O processo de instalação precisava ser planejado com precisão para evitar retrabalho.” Além disso, a arquitetura da edificação era complicada e estava à 20 metros de altura do nível do chão.

Após realizado o escaneamento, segundo a empresa, foi obtido um resultado preciso do *as-built* capaz de eliminar suposições inconsistentes sobre os dados do projeto. Como produto técnico foi gerado um modelo 3D no Revit, desenvolvido a partir da nuvem de pontos capturada, como também, um desenho 2D, a partir do modelo tridimensional, para gerar um documento esquemático de execução que pudesse ser levado para o campo.

Em depoimento, o cliente declarou que o procedimento “foi capaz de transformar um projeto complexo em um documento fiel ao campo”, como também, “foi capaz de reduzir custos, aumentar produtividade, e entregar o projeto no prazo”. Também, ao reconhecer o processo de instalação das fachadas em ACM, e que a precisão é o critério crítico do sistema, a TruePoint destaca que a tecnologia laser scanner é capaz de fornecer as medidas exatas necessárias para instalar corretamente os painéis.

4. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com base no método Theoprax que tem como proposta a identificação de uma situação problema ou a melhoria no processo e/ou produto da empresa, sendo este último o aplicado ao relatório. Nesse sentido, o estudo possui viés mercadológico, expondo situações e sugerindo soluções condizentes com cenários de empresas reais, através de uma perspectiva multirreferencial, mesclando aprendizagem técnica acadêmica com apropriação dos interesses e mobilizações do mercado.

Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do tema abordado, com finalidade de respaldar teoricamente as conclusões expostas neste relatório; assim como, se fez uso de técnicas de entrevistas diretivas e não-diretivas, buscando apreender o processo e requisitos técnicos e práticos da utilização da tecnologia de mapeamento 3D, além do levantamento e obtenção dos recursos necessários para processamento, manipulação e geração dos produtos do escaneamento.

Como este estudo propõe uma melhoria para uma empresa, foi feito também uma análise panorâmica das necessidades do cliente, dos processos atuais e dos seus potenciais de investimento. A apresentação do perfil da empresa, combinando esses critérios, também é explanado nesta seção.

4.1. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

A revisão da literatura foi feita com o objetivo inicial de buscar informações a respeito da tecnologia específica de mapeamento 3D, assim como as suas formas de aplicação, ferramentas usuais no mercado e estudos pré-existentes a respeito da sua introdução na indústria da construção civil. Se deu como uma pesquisa de caráter teórico e qualitativo.

Em segundo plano, as pesquisas assumiram o foco de coleta de informações acerca do histórico e prospecção do posicionamento perante o mercado nacional e mundial das fachadas em alumínio composto. Ao se aprofundar nesse quesito, as pesquisas expressaram caráter quantitativo, com a divulgação de indicadores acerca de suas características como peso, custo, precisão do material, etc., conforme apresentado anteriormente.

4.2. REUNIÕES E ENTREVISTAS

Além das pesquisas bibliográficas, um importante aspecto a ser considerado são as perspectivas, experiências e opiniões de quem já atua no mercado, desde fornecedores, a prestadores de serviço e clientes.

Portanto, foram feitas reuniões com fornecedores de ACM consolidados como a Alukroma e Projeto AI, quando foi possível compreender a história da difusão das fachadas em ACM a nível nacional e mundial, as variações de especificações dos materiais conforme o tempo e variação das exigências do mercado, além dos fatos históricos e econômicos que marcaram a valorização do ACM como material aceito e requisitado pelos usuários.

Também se utilizou de entrevistas com fornecedores da tecnologia de mapeamento 3D, a fim de atualizar o conhecimento obtido com as pesquisas bibliográficas sobre os tipos de ferramentas existentes, os produtos gerados por cada tecnologia, as restrições e as aplicabilidades viáveis, e, em especial, o alcance e a precisão, que são quesitos relevantes neste estudo.

Como prospecção de mercado, na tentativa de entender se a tecnologia seria, de fato, vendável para o cliente final, foram realizados contatos informais com clientes e parceiros da RTEC apresentando a solução tecnológica, seus ganhos esperados para a entrega final, e medindo a pré-disposição dessas interfaces em investir financeiramente em tal tecnologia.

4.3. RECURSOS UTILIZADOS (PRINCIPAIS)

A lista de recursos essenciais para possibilitar a execução desse estudo é composta por 1 equipamento laser scanner, 1 software de processamento de dados, 1 software para otimização e conversão da nuvem de pontos e 1 software de projeto 3D, como consta no quadro 4.

Quadro 4 – Lista dos principais recursos utilizados para desenvolvimento do estudo.

RECURSO	CATEGORIA	QTD
GEOSLAM ZEB HORIZON	equipamento	1,0
GEOSLAM HUB	software	1,0
RECAP PRO	software	1,0
REVIT	software	1,0

Fonte: A autora.

O ZEB Horizon é o equipamento laser scanner portátil da GeoSLAM, sendo considerado o mais versátil e produtivo do mercado pela CPE Tecnologia, empresa locadora do equipamento para este estudo, fundada em 1974, especialista em soluções otimizadas em geotecnologias, concentrando, atualmente, suas atividades na comercialização e locação de equipamentos de topografia.

O ZEB Horizon conta com alta taxa de medição de 300 mil pontos por segundo, precisão de até 6 mm e oferece a capacidade de realizar medições em ambientes tanto interno quanto externos enquanto o operador caminha pelas áreas a serem medidas, permitindo flexibilidade de utilização e diversas aplicações como BIM, Engenharia, Mineração, Florestas e Topografia.

Figura 12 – Modelo laser scanner ZEB Horizon GEOSLAM.



Fonte: CPE Tecnologia (2021).

Este equipamento executa o registro automático das varreduras, com alcance de até 100 metros, tempo de duração da bateria de 3h30min e consta com grau de proteção IP54 (proteção limitada contra a entrada de pó e resíduos e protegido de

spray de água de qualquer direção). Outra vantagem de utilização desse equipamento é que, por ser feito para possibilitar o caminhar do operador, possui design robusto para garantir firmeza, no entanto, é leve.

Para iniciar a leitura dos dados, é necessário conectar o laser scanner ao *datalog* (figura 13) – aparelho disponibilizado juntamente com o laser scanner – que funciona tanto como fonte de alimentação da bateria, a qual fica acoplada durante todo o procedimento, quanto como local de armazenamento temporário dos dados coletados. O *datalog* possui uma alça que facilita o carregamento do equipamento durante a varredura.

Figura 13 – Equipamento laser scanner completo, com todos os componentes necessários à utilização.



Fonte: 3D Scanner Tech (2021).

O kit de locação do ZEB Horizon também consta com pen-drive para exportação da nuvem de pontos coletada, a qual fora armazenada inicialmente no *datalog*, para a máquina de preferência. Neste caso, no kit de locação já é disponibilizado também um notebook que dispõe das especificações ideais para suportar o processamento desses dados e instalação e licença do software exclusivo GeoSLAM Hub, o único software capaz de ler e processar a nuvem de pontos geradas pelo ZEB Horizon nesse momento inicial.

É no GeoHUB (nome abreviado do software) que é feita a sobreposição e georreferenciamento das nuvens, caso seja necessário. Esse procedimento é feito quando são realizadas mais de 1 varredura do local de interesse, com tempo máximo de leitura permitido, cada uma, de 10 minutos.

Figura 14 – Interface do GeoSLAM Hub apresentando a visão superior de nuvens de pontos meramente ilustrativas. As nuvens são diferenciadas com as cores amarelo e vermelho, estando em vermelho a nuvem com possibilidade de edição. A definição da nuvem a ser editada pode ser escolhida e trocada a qualquer momento.



Fonte: ResearchGate (2021).

Após finalizado esses procedimentos, a nuvem estará pronta para ser exportada nos formatos LAS, LAZ, PRI, TXT e E57. No caso deste projeto, a exportação foi no formato LAS para que fosse aceito e importado pelo Recap Pro.

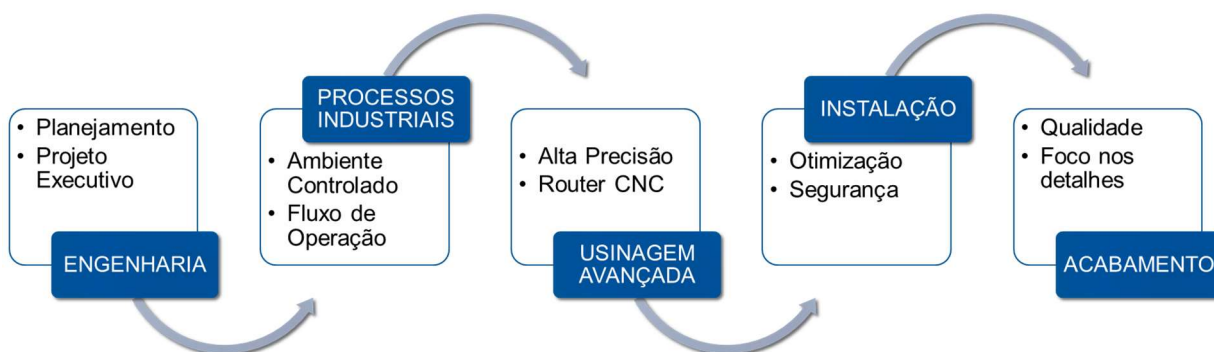
Então, no Recap Pro é feita a otimização da nuvem de pontos, excluindo-se os pontos dos elementos julgados não necessários. Após finalizada esta etapa, o arquivo é salvo em formato rcp e importado para o Revit para dar início, de fato, à modelagem do projeto em 3D com base na nuvem de pontos.

4.4. OBJETO DE ESTUDO

A “RTEC – Tecnologia em Revestimentos” é uma empresa de serviço de revestimento de fachadas em ACM e brises, que tem enraizada em sua cultura, a industrialização dos processos, com o auxílio da tecnologia, promovendo a melhoria

contínua, e se refere como o cliente atendido por este projeto. De acordo com Rafael Teixeira, diretor da empresa, o foco de operação está nos seguintes diferenciais:

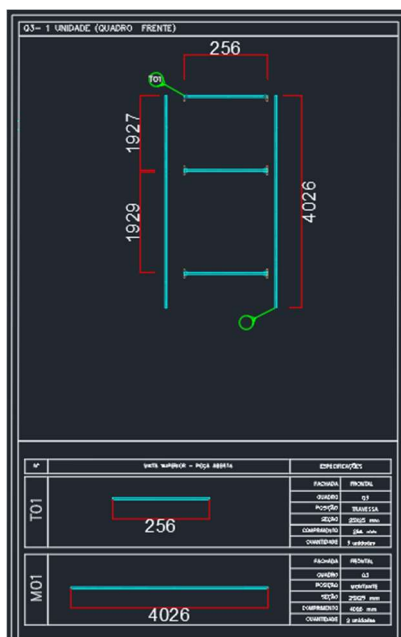
Figura 15 – Diferenciais de operação prezados pelo cliente.



Fonte: RTEC (2021).

O objetivo que se deseja alcançar com esses diferenciais é pré-fabricar ao máximo a produção das fachadas em ACM, através da manufatura em fábrica de elementos modulares dos seus componentes, desde as ancoragens, passando pela subestrutura em alumínio, até os painéis ACM. Para isso, a empresa faz uso de alguns documentos, como plano de corte, destinado à manufatura dos painéis ACM (ver figura 26) e esquemático de manufatura, destinado à produção dos quadros da subestrutura (ver figura 16), que são gerados a partir de um projeto executivo desenvolvido internamente. Este projeto, normalmente, é desenvolvido com base nos projetos arquitetônicos originais fornecidos pelo cliente final e na medição realizada em campo.

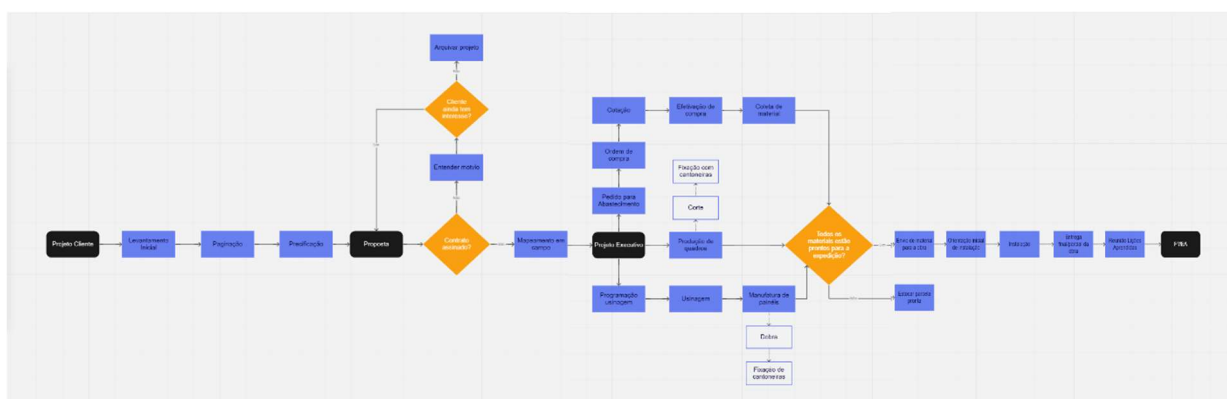
Figura 16 – Exemplo do esquemático de manufatura da produção de quadros.



Fonte: RTEC (2021).

A fim de facilitar o entendimento desses processos, de forma bastante simplificada, a figura 15 expõe o atual fluxo de processos global da empresa em questão.

Figura 17 – Fluxo do processo global da RTEC.

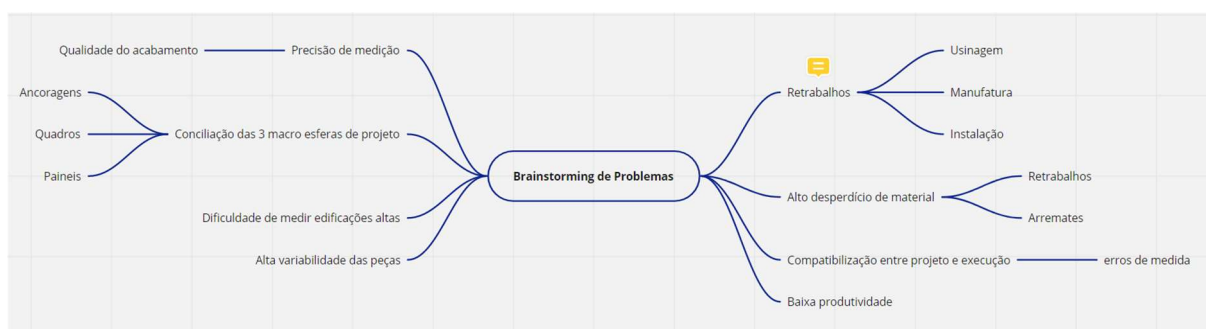


Fonte: A autora.

Sabendo disso, foi promovida uma reunião de *brainstorming* com a liderança da empresa para identificar os problemas e gargalos enfrentados que impactam

diretamente no fluxo de operação e valores vendidos. Dentre os critérios elencados estão assuntos como produtividade (durante todo o ciclo, ou seja, do projeto à instalação), retrabalhos, desperdício de material, compatibilização de projetos, precisão, alta variabilidade dos produtos e dificuldades na medição, como mostra a figura 18.

Figura 18 – Mapa mental expondo as principais dificuldades elencadas pelo cliente.



Fonte: A autora.

Após o mapeamento das necessidades junto ao cliente, aprofundando as discussões com os líderes da RTEC, estas foram convertidas em requisitos do serviço, a fim de construir um modelo de QFD – *Quality Function Deployment* (ou, em português, Desdobramento da Função Qualidade), com o intuito de avaliar qual a necessidade com prioridade máxima de intervenção e, em seguida, definir o modelo de solução ideal.

As relações entre necessidade e requisito foram pontuadas de acordo com uma escala de valores, sendo:

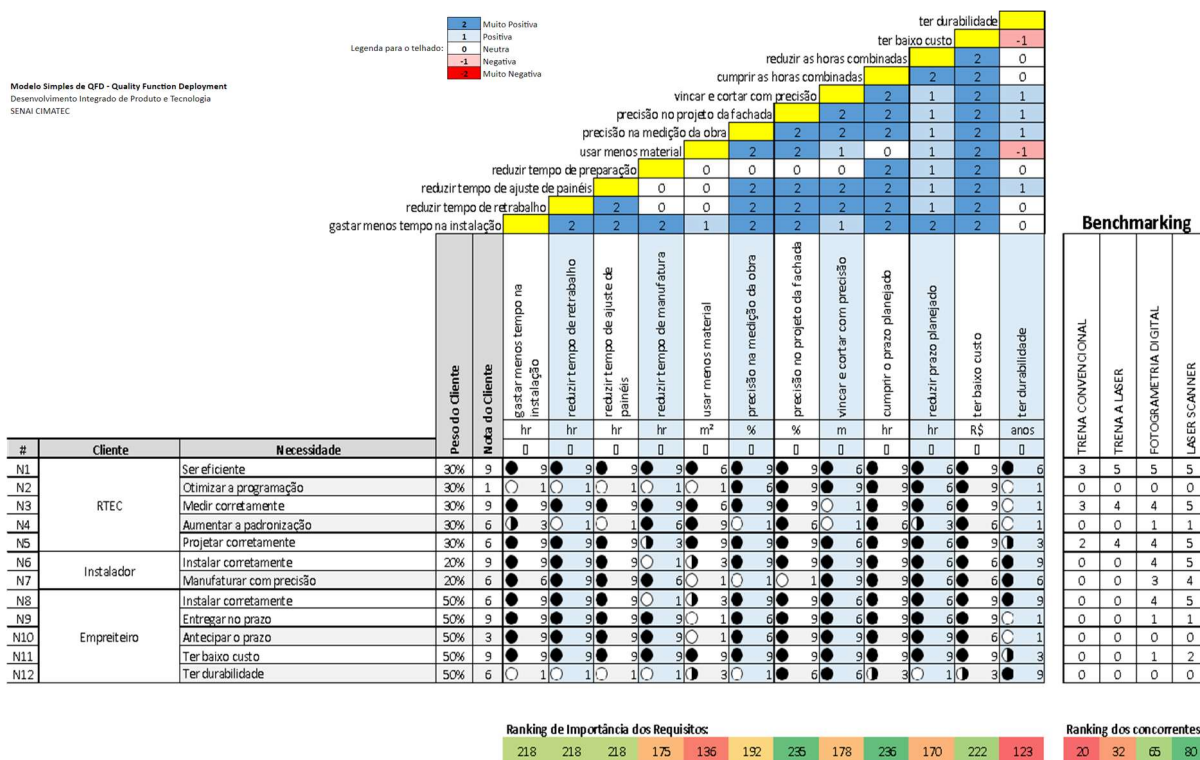
- i. 0 – Sem relação;
- ii. 1 – Relação fraca;
- iii. 3 – Relação moderada;
- iv. 6 – Relação forte;
- v. 9 – Relação extraforte.

Também foi feita a relação requisitos X requisitos, gerando o telhado do QFD, conforme a seguinte pontuação:

- i. 2 – Muito positiva;
- ii. 1 – Positiva;
- iii. 0 – Neutra;
- iv. -1 – Negativa;
- v. -2 – Muito negativa.

Feito isso, se obteve o resultado abaixo:

Gráfico 2 – Resultado final do QFD.



Fonte: A autora.

Com o resultado do QFD pôde-se concluir que os principais requisitos do cliente são (1) cumprimento do prazo planejado e (2) precisão do projeto executivo. Dessa forma, se avaliou que uma intervenção de melhoria na etapa de medição em campo poderia atenuar essas questões.

Portanto, o próximo passo foi elencar as soluções existentes no mercado para levantamento cadastral das edificações e relacionar com as necessidades identificadas anteriormente. Feito isso, constatou-se que a tecnologia laser scanner era a mais adequada para um estudo de aprimoramento da atividade de medição, com finalidade de garantir o cumprimento dos requisitos determinados pelo QFD.

5. ESTUDOS DE CASO

O presente estudo se caracteriza como um estudo de caso exploratório. Esse caráter é justificado pela finalidade de evidenciar os sistemas construtivos industriais, com foco nas fachadas em ACM, os quais se enquadram em uma prática não usual no mercado da construção civil; além de avaliar aspectos de uma tecnologia que oferece um produto inovador como a nuvem de pontos, e apresentar sua aplicação enquanto catalisador da industrialização do serviço de fachadas.

Foi necessário investigar aspectos de diferentes naturezas a fim de obter os resultados e poder analisá-los de forma coerente, razoável e confiável. Alguns desses aspectos podem ser medidos quantitativamente por meio de indicadores como produtividade, custo de mão de obra e de materiais, taxa de perda, etc., enquanto, também, ocorreram as medições qualitativas, fazendo uso de questionários de opinião, para avaliar quesitos como qualidade de informação proporcionada, facilidade de manuseio e entendimento dos dados, identificação de gargalos e benefícios, dentre outros.

Diferentemente do método como os problemas foram elencados, a identificação dos fatores de influência neste estudo, assim como as implicações que o estudo gera, foi originada de processos empíricos como *brainstormings* e entrevistas, já que a proposta do estudo é pouco difundida e não existe divulgação de um padrão de operação estruturado nesse contexto.

Esse estudo teve 2 momentos de aplicação e teste prático: (1) versão beta, em menor escala, dentro da fábrica do cliente, com o intuito de aprender o manuseio do equipamento e identificar possíveis gargalos no processo durante a execução, e (2) versão alfa, a versão definitiva do teste, envolvendo as soluções desenvolvidas para os problemas identificados na versão beta, além de já ter aperfeiçoado o *know-how* necessário da manipulação do equipamento LIDAR e dos softwares envolvidos, alcançando produtividade mais próxima do real.

5.1. ESTUDO DE CASO - VERSÃO BETA

A versão beta foi um estudo realizado dentro das instalações da fábrica do cliente deste projeto, no dia 07 de junho de 2021, e teve como principais objetivos

(1) o entendimento do funcionamento do equipamento e (2) a visualização prática de como se dá a aplicação da tecnologia de mapeamento 3D, a fim de identificar os possíveis gargalos na aplicação da tecnologia em um caso real, os materiais e ferramentas necessários para que o mapeamento ocorresse de forma correta e precisa, a logística do processo no campo, e os requisitos, infraestrutura e mão de obra que fossem precisos para funcionamento seguro do equipamento.

No entanto, o momento foi aproveitado para coletar dados que pudessem servir de base para comparação com a próxima versão a ser executada, ao simular o processo de medição também no formato tradicional (ver figura 19), mesmo não sendo o objetivo principal dessa fase.

Figura 19 – Processo de medição tradicional realizado no local da versão beta deste estudo.

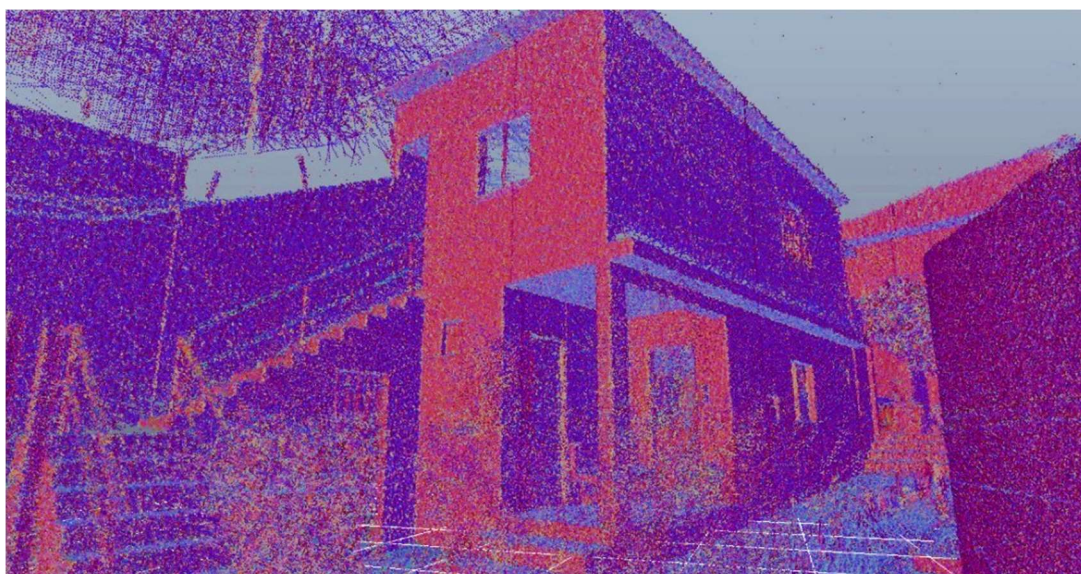


Fonte: A autora.

Nessa fase, o objeto mapeado foi um prédio que intermedia as áreas de trabalho da fábrica, formado por 1 pavimento além do térreo, destinado à copa e área

de descanso dos colaboradores. O substrato de concreto do qual foi recolhida a leitura dos dados era maciço e denso, e sua fachada tinha área de espelho frontal equivalente a 70 m², incluindo os vãos abertos das janelas e portas. O resultado bruto pode ser visto na figura 20.

Figura 20 – Nuvem de pontos, sem tratamento, resultante do mapeamento 3D da versão beta, apresentado no Recap Pro.

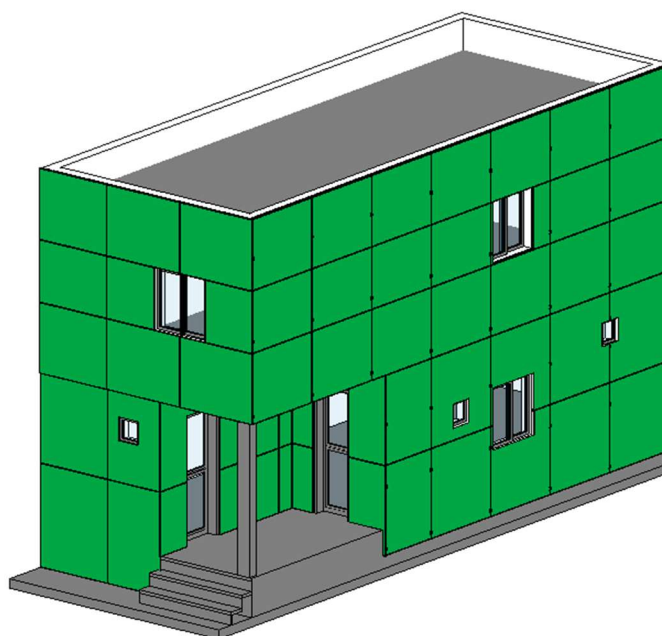


Fonte: A autora.

O procedimento foi realizado por um instrutor e teve um formato de treinamento, quando foram passadas todas as instruções para a manuseio do equipamento de laser scanner e processamento dos dados – informações explanadas na seção anterior deste relatório.

Após os dados terem sido exportados, com base na nuvem de pontos gerada, foi desenvolvido o projeto executivo de uma fachada simulada para o local. Para isso, inicialmente, se utilizou o software Recap para limpeza da nuvem de pontos e seleção do objeto de interesse. Então, no Revit, a nuvem otimizada foi importada em formato rcp para dar início à modelagem do projeto.

Figura 21 – Primeira modelagem teste utilizando a nuvem de pontos, contendo todos os componentes da fachada.



Fonte: A autora.

O projeto se iniciou pela alocação dos elementos da estrutura principal, para então seguir com a disposição dos elementos da fachada em ACM, como ancoragens, quadros e painéis – estando apenas este último previamente modelado em formato de família.

Durante a elaboração do projeto foram medidos os tempos de cada etapa, desde o processamento dos dados, passando pela otimização da nuvem de pontos, até a modelagem do projeto executivo. Já as percepções dos envolvidos sobre facilidades, dificuldades e possíveis melhorias foram coletadas através de pesquisa qualitativa realizada após a conclusão do processo.

5.2. ESTUDO DE CASO – VERSÃO ALFA

Neste segundo momento, foi realizada a versão final para o estudo em questão, com a implementação das melhorias sinalizadas na pesquisa da versão anterior. Além de constatar os benefícios identificados na versão beta, o objetivo do

estudo alfa era medir de forma mais precisa e condizente com o real os dados de produtividade da elaboração do projeto executivo, já que, no primeiro estudo, a equipe desenvolvedora do projeto executivo ainda não tinha adquirido know-how suficiente dos softwares necessários para manipulação da nuvem de pontos.

A execução da versão alfa aconteceu no dia 20 de setembro de 2021, e se deu em uma edificação industrial, de substrato metálico treliçado, com, aproximadamente, 150 m² de área a ser revestida. A referida construção se tratava de uma obra real da empresa atendida por esse estudo, e já estava em fase de instalação da subestrutura de alumínio da fachada ACM. Por isso, no local também havia andaimes sobrepostos à estrutura principal, o que dificultou, em parte, a leitura dos dados coletados, porém, sem impactos significativos nos resultados (ver figura 22).

Figura 22 – Local do mapeamento da versão alfa, com a disposição de andaimes ao longo da estrutura.



Fonte: A autora.

Além disso, na versão beta se percebeu a dificuldade de identificar os pontos de início da estrutura, principalmente nos locais com mudança de direção dos planos. Foi proposta a solução de se utilizar marcadores que sobressaltassem a estrutura para facilitar a visualização desses pontos. Portanto, os marcadores foram desenvolvidos em formato de disco, com material de PVC expandido, na espessura de 25 mm e diâmetro também de 25 mm.

Logo, na versão alfa foram alocados 30 marcadores ao longo da estrutura, como mostra a figura 23. No entanto, o resultado não foi o esperado, sendo projetada para próximos estudos a avaliação de desenvolver marcadores que sejam alocados de forma mais sacada à estrutura principal e o resultado obtido a partir disso.

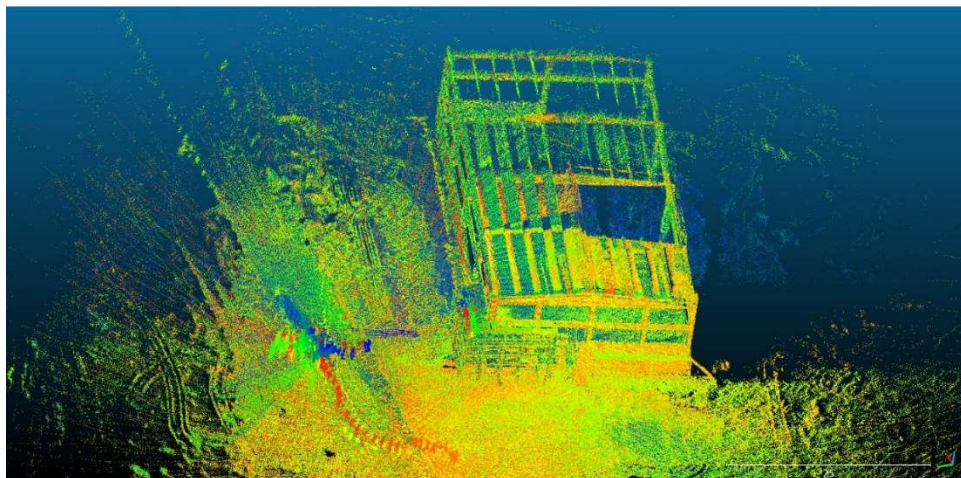
Figura 23 – Marcador fixado na estrutura.



Fonte: A autora.

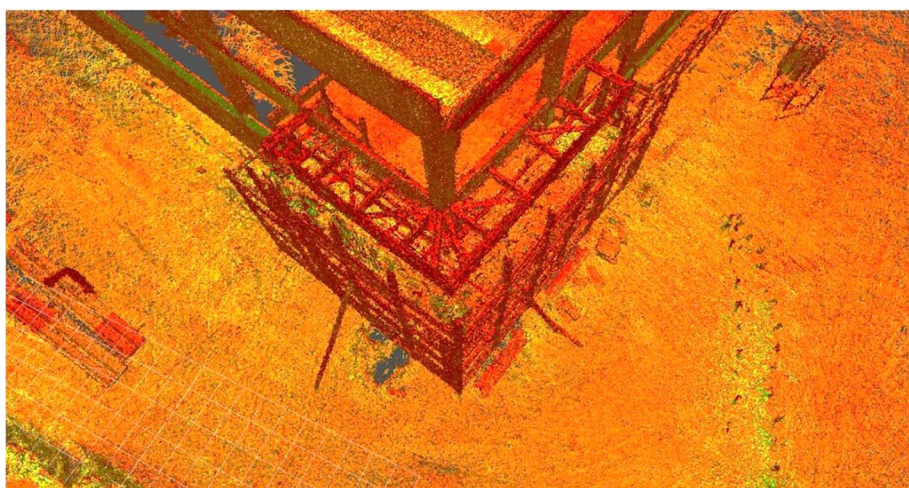
O resultado do mapeamento pode ser visto a seguir nas figuras 24 e 25.

Figura 24 – Resultado inicial bruto do mapeamento 3D após sobreposição das nuvens de pontos apresentado no Cloud Compare.



Fonte: A autora.

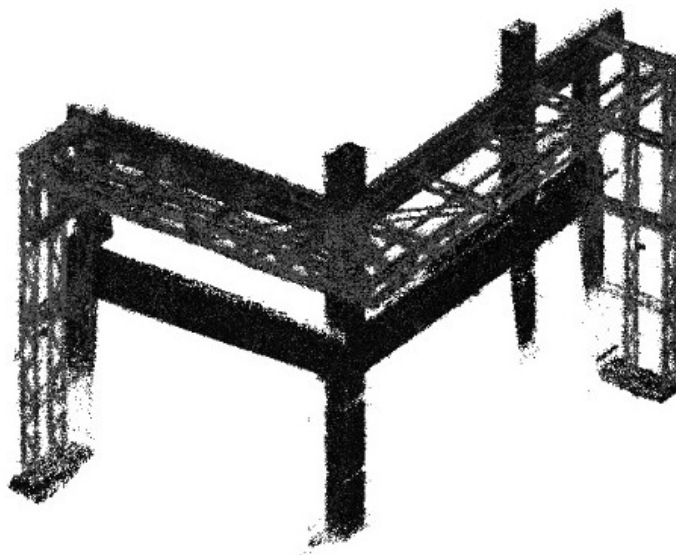
Figura 25 – Foco da estrutura a ser revestida em ACM futuramente, no formato bruto da nuvem de pontos, em sua densidade máxima, apresentado no Recap Pro.



Fonte: A autora.

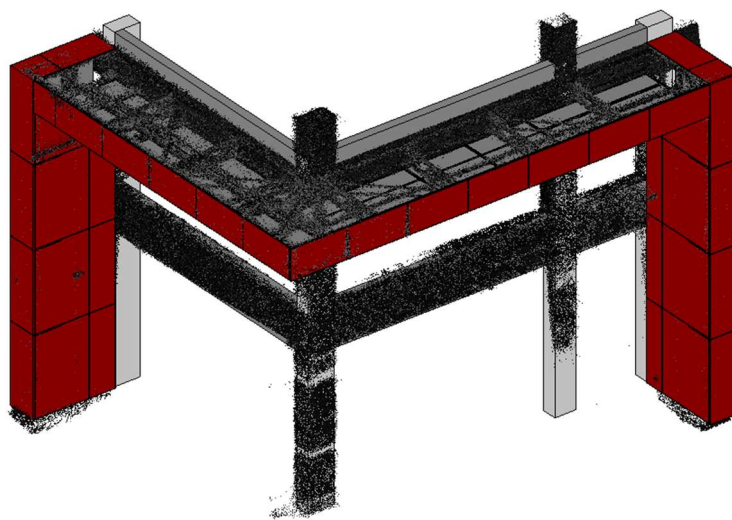
O desenvolvimento do projeto executivo iniciou com processo semelhante ao anterior, realizando a otimização da nuvem de pontos exportada. No entanto, após a finalização do projeto executivo da versão beta, concluiu-se que a nuvem de pontos era precisa o suficiente para eliminar a etapa de alocação dos elementos da supraestrutura na etapa de modelagem no Revit (ver figuras 26, 27 e 28). Portanto, nesse caso, foi eliminada essa etapa do processo.

Figura 26 – Nuvem de pontos otimizada após limpeza de dados não necessários para o desenvolvimento do projeto, representando a estrutura objeto para desenvolvimento do projeto executivo, apresentada no Revit.



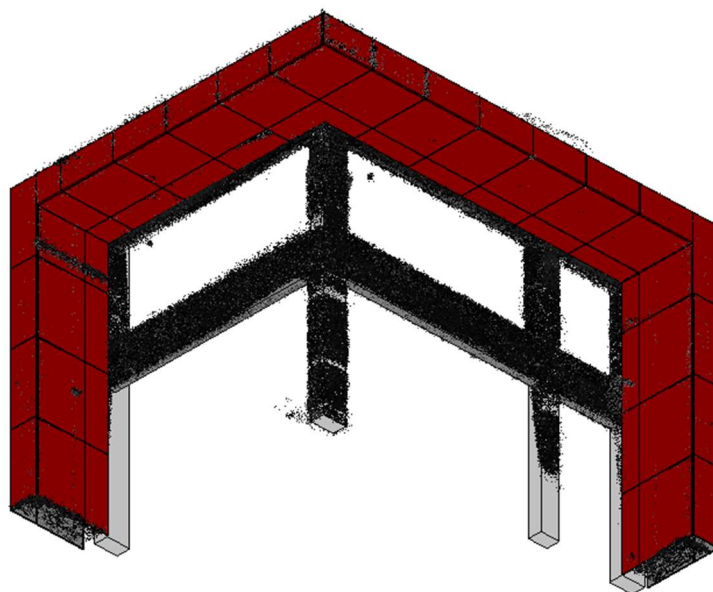
Fonte: A autora.

Figura 27 – Vista superior da modelagem dos elementos de fachadas em ACM, com base na nuvem de pontos da versão alfa.



Fonte: A autora.

Figura 28 - Vista inferior da modelagem dos elementos de fachadas em ACM, com base na nuvem de pontos da versão alfa



Fonte: A autora.

Além do *know-how* adquirido durante o tempo de intervalo entre uma versão e outra, e as estratégias adotadas com base na experiência e resultados da versão beta, a modulação prévia dos elementos de fachada ACM, como ancoragens, estrutura e painéis, já haviam sido modelados previamente como família do Revit. Esses fatores influenciaram no ganho de produtividade medido durante a elaboração do projeto executivo entre as versões beta e alfa.

Como anteriormente, durante a elaboração do projeto foram medidos os tempos de cada etapa, desde o processamento dos dados, passando pela otimização da nuvem de pontos, até a modelagem do projeto executivo. Já as percepções dos envolvidos sobre facilidades, dificuldades e possíveis melhorias foram coletadas através de pesquisa qualitativa realizada após a conclusão do processo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir das análises da implementação do método proposto neste Estudo de Caso. Tais avaliações foram realizadas considerando pontos que estarão agrupados nos seguintes aspectos: (1) resultado quantitativos, (2) resultados qualitativos e (3) análise de *payback*, explanando os fatores de influência em cada quesito a ser abordado.

6.1. RESULTADOS QUANTITATIVOS

Uma das variáveis avaliadas neste estudo está relacionada ao tempo necessário para o desenvolvimento do projeto executivo seguindo o fluxo de processo apresentado anteriormente na figura 17, partindo da etapa de medição *in loco* até a entrega do projeto executivo para as equipes de manufatura.

Como explicado anteriormente, esse estudo foi dividido em 2 momentos chamados de “versão beta” e “versão alfa”. Portanto, foi realizado um quadro comparativo nos dois momentos relacionando os índices de produtividade do processo tradicional e após a inserção da tecnologia LIDAR. Foram obtidos os resultados contidos no quadro 5 abaixo:

Quadro 5 – Análise comparativa da produtividade projetual entre a execução do processo tradicional e com a inserção do laser scanner.

CRITÉRIOS	VERSÃO BETA		VERSÃO ALFA	
	Processo Tradicional	Processo c/ o Mapeamento 3D	Processo Tradicional	Processo c/ o Mapeamento 3D
Área (m ²):	70,0	70,0	147,5	147,5
Tempo de medição em campo (min):	12,7	1,50	40,00	2,00
Tempo de processamento (min):	-	1,05	-	5,50
Tempo total (min):	12,70	2,55	40,00	7,50
Qtd. de pontos (milhões):	-	10	-	27,12
Custo MDO medição (R\$):	R\$ 14,56	R\$ 2,92	R\$ 45,87	R\$ 8,60
Tempo de projeto (h):	44	27	88	27
Custo MDO projeto (R\$):	R\$ 999,68	R\$ 613,44	R\$ 1.999,36	R\$ 613,44
CUSTO TOTAL (R\$):	R\$ 1.014,24	R\$ 616,36	R\$ 2.045,23	R\$ 622,04

Fonte: A autora.

Observando o quadro 5, percebe-se que, na versão beta, o tempo de medição em campo passou a ser 4 vezes menor com a inserção da tecnologia no processo, com redução de 88%; enquanto na versão alfa, a redução foi de 98%, a uma velocidade 20 vezes maior. Isso é possível porque o procedimento de leitura pelo laser scanner não varia conforme a complexidade e extensão da construção (até 100 m, de acordo com as especificações do equipamento. No entanto, caso essa distância precise ser ultrapassada, pode ser acoplado um drone para realizar o mapeamento a laser). Ou seja, quanto maior e mais complexa for a edificação, mais vantajosa será a aplicação do laser scanner para levantamento das informações do campo.

O tempo de processamento se refere ao tempo em que, após a leitura, a nuvem de pontos é gerada e estará pronta para exportação no formato desejado, por isso, foi aplicável e foi medida apenas no processo de mapeamento 3D. Observa-se que o processamento é proporcional à quantidade de pontos coletadas. No processo tradicional, esse critério pode equivaler ao tempo de interpretação dos dados coletados no campo, geralmente representado por um croqui, no processo de comunicação entre o responsável por realizar o levantamento cadastral e o desenvolvedor do projeto. Nesse caso, o tempo pode ser largamente variado conforme a capacidade de leitura de cada indivíduo.

Com a inserção da tecnologia, a medição *in loco* alcançou média de redução de 86% do tempo necessário em comparação à utilização dos procedimentos comuns. Ainda conforme mostra o quadro 5, isso gera impacto financeiro de 70% nos custos que envolvem essa atividade.

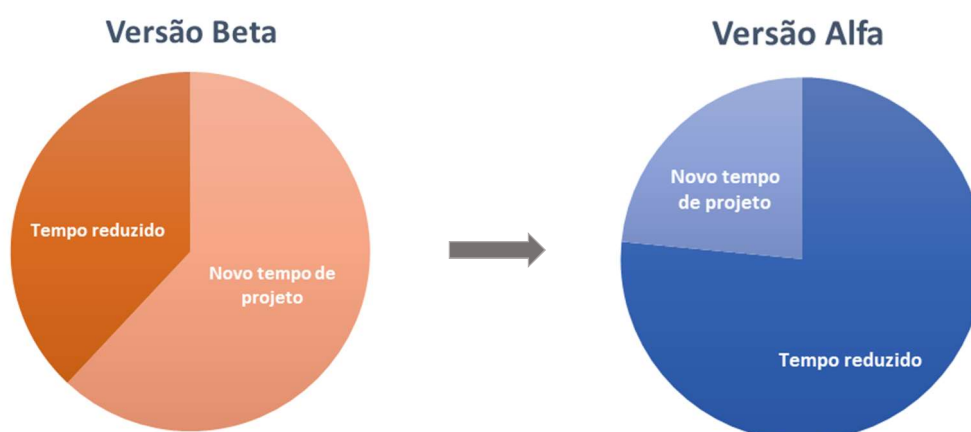
Quanto ao tempo de desenvolvimento do projeto, existem algumas ressalvas importantes a serem feitas em relação aos resultados alcançados. Esse critério foi o mais influenciado pelas interferências citadas anteriormente como a apropriação do conhecimento técnico dos softwares e as estratégias adotadas em cada versão.

Dessa maneira, observa-se que, no processo tradicional, o tempo de elaboração do projeto dobra entre as versões, no entanto, ao avaliar a produtividade projetual utilizando a tecnologia do laser scanner, o tempo de projeto permanece igual entre as versões, requerendo 27 horas para sua finalização, ainda que o projeto da versão alfa seja 2 vezes maior que o da versão beta. Porém, ao avaliar a taxa de

redução com a introdução da tecnologia no processo, nota-se um aumento saindo de 38,6% na versão beta para 69,3% na versão alfa.

Pode-se afirmar que o ganho de produtividade no primeiro momento do estudo já é satisfatório, reduzindo o tempo necessário de projeto em mais de 1/3. Contudo, em um intervalo de 3,5 meses, a experiência adquirida na utilização dos softwares e manipulação da nuvem de pontos, tornou possível reduzir o tempo de projeto pouco mais que 2/3. Financeiramente, esses resultados também são aplicados, apresentando redução de custo total do processo de 70%, gerada pela redução do custo das horas da mão de obra dos envolvidos, considerando 1 projetista e 2 montadores, como mostra o quadro X (na seção 'Objeto de Estudo').

Gráfico 3 – Representação da produtividade de projeto entre as versões beta e alfa.



Fonte: A autora.

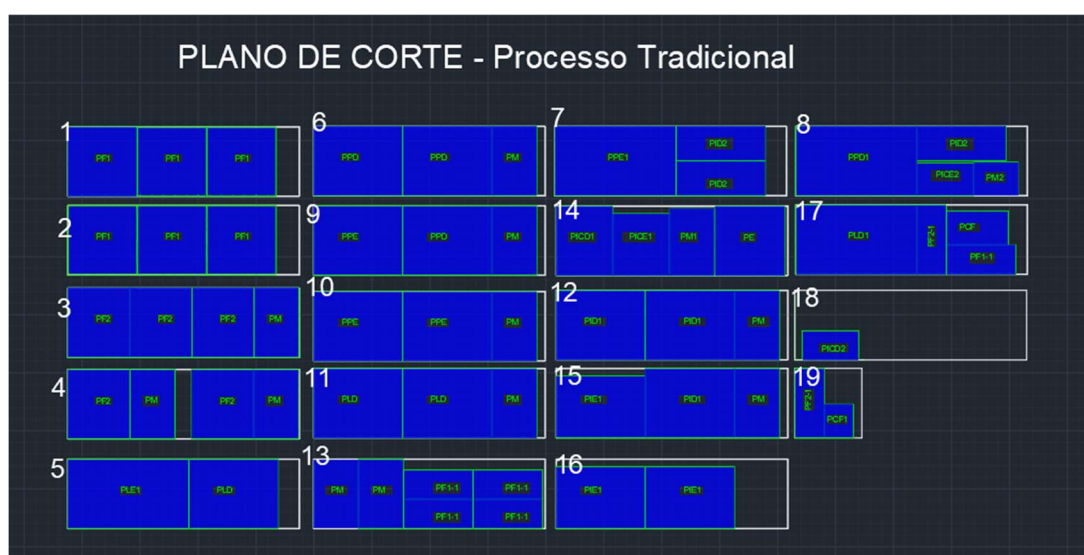
Portanto, conclui-se que ao longo do tempo, com a utilização assídua da tecnologia, o know-how adquirido pode otimizar ainda mais o índice de produtividade projetual, reduzindo custos e mantendo o nível de qualidade de informação que é gerada pela visualização tridimensional atrelada à modelagem BIM.

Além do projeto, um outro parâmetro avaliado foi a taxa de perda de material, relacionando a quantidade de material necessária para manufatura dos painéis e a quantidade de material descartada. Essa análise foi exclusiva ao material alumínio

composto porque, nas fachadas pré-fabricadas em ACM, ele possui maior representatividade produtiva e financeira.

Como explicado anteriormente, após o projeto executivo ser finalizado, é elaborado um plano de corte dos painéis. O plano de corte (ver figura 29) se trata de um esquemático dispondo a alocação de cada painel ACM – nas dimensões de bandeja aberta – nas chapas inteiras, as quais possuem as dimensões padrões de 1500 X 5000 mm ou 1250 x 5000 mm.

Figura 29 – Plano de corte considerando os dados obtidos do processo tradicional de medição.



Fonte: A autora.

A figura 29 apresenta o plano de corte considerando as dimensões obtidas através do processo tradicional. Nesse modelo, a margem de erro para as peças de arremate é de 50 a 100 mm. Ou seja, a fim de garantir a qualidade da instalação em campo, as peças de arremate são projetadas e manufaturadas com no mínimo 50 mm a mais do que a medida coleta em campo, e no máximo 100 mm.

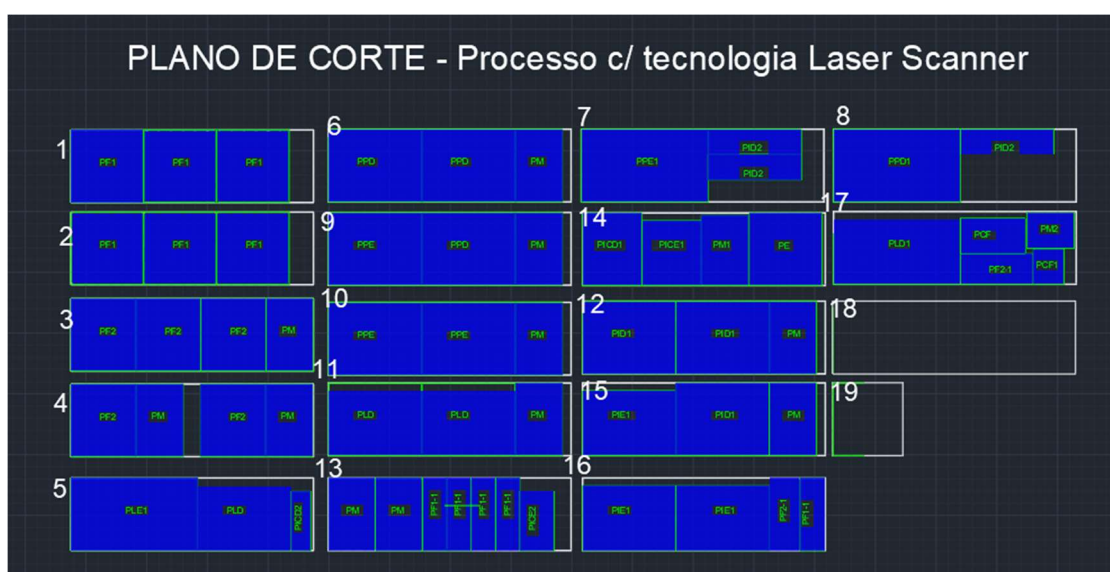
Essas peças normalmente ficam alocadas nos pontos de acabamento em comum entre dois serviços diferentes. Uma situação comum nas obras, que geram a necessidade da existência desse tipo de peça, é o ponto de encontro entre o serviço de fachadas em ACM e de instalação de esquadrias.

Sabendo disso, ao observar a imagem, é possível perceber que, para realizar a manufatura de todos os painéis do projeto referente à versão alfa, foi preciso 18

chapas inteiras e 1 sobra derivada de serviço anterior, sendo necessário um total de aproximadamente 118 m² de chapas (ver quadro 5).

Por outro lado, ao realizar o mapeamento 3D, o plano de corte foi replanejado com base nas dimensões obtidas da nova medição, considerando que as peças de arremate teriam margem de no mínimo 5 mm e no máximo 10 mm determinada a partir da precisão garantida pelo equipamento laser scanner. (ver figura 30).

Figura 30 – Plano de corte considerando os dados obtidos do processo de mapeamento 3D utilizando a tecnologia laser scanner.



Fonte: A autora.

Para validar o tamanho das peças projetadas, foi realizada uma medição dos painéis que já estavam instalados após terem sido arrematados no campo, e os dados coletados foram comparados com as medidas projetadas. Se identificou que a margem projetada coincide com o real em campo, com peças variando em, no máximo, 9 mm a menor.

No plano de corte apresentado na figura 30, visivelmente, já é possível perceber a eliminação da necessidade de 1 chapa inteira e 1 sobra para realizar a manufatura dos painéis para o mesmo projeto, além da otimização e melhor aproveitamento das demais chapas, garantindo maior área de uso por chapa, e, por consequência, reduzindo a taxa de perda do material.

No quadro 6, é apresentada uma comparação da quantidade de material utilizado entre o processo tradicional e o processo com a introdução da tecnologia LIDAR para o projeto da versão alfa.

Quadro 6 – Análise comparativa das taxas de perda do alumínio composto (ACM) entre dois cenários de processo: tradicional X mapeamento 3D.

CHAPA	PROCESSO TRADICIONAL		PROCESSO C/ LASER SCANNER	
	Área de Chapa Usada	Área de Chapa Descartada	Área de Chapa Usada	Área de Chapa Descartada
	m ²	m ²	m ²	m ²
1	6,72	0,75	6,72	0,75
2	6,69	0,75	6,69	0,75
3	7,44	0,00	7,44	0,00
4	6,92	0,54	6,92	0,54
5	6,75	0,69	6,92	0,51
6	7,17	0,27	7,17	0,27
7	6,76	0,69	5,87	1,56
8	6,88	0,58	4,87	0,58
9	7,19	0,28	7,19	2,57
10	7,19	0,27	7,19	0,27
11	7,18	0,27	6,54	0,63
12	7,17	0,27	7,17	0,27
13	6,66	0,78	6,72	0,72
14	7,09	0,35	7,09	0,35
15	6,86	0,31	6,86	0,31
16	5,13	2,33	6,80	0,63
17	6,75	0,69	6,56	0,87
18	0,75	6,73	0,00	0,00
19	1,38	0,76	0,00	0,00
TOTAL (M²)	118,7	17,3	114,7	11,6
TX. DE PERDA	15%		10%	

Fonte: A autora.

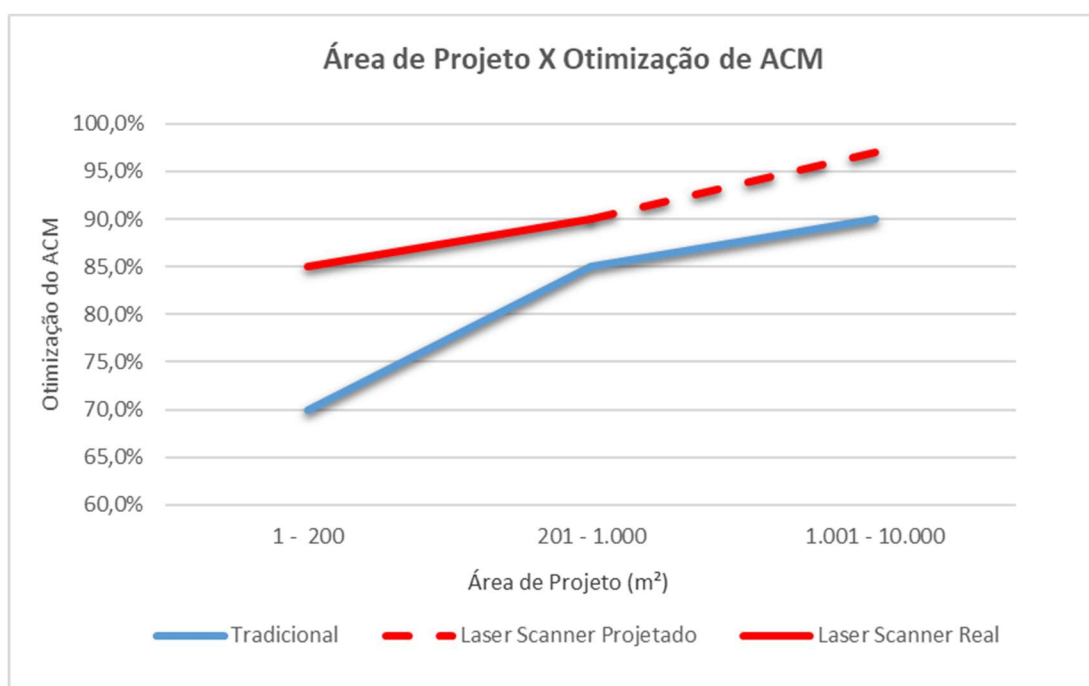
Dessa forma, constata-se a otimização da utilização do material, apresentando redução de taxa de perda de 15% para 10%, sendo que o projeto em questão avaliado possui área de aproximadamente 150 m². Sabendo-se que na realidade do cliente deste estudo a otimização para um projeto dessa proporção é de, no máximo 85%, no processo tradicional, a versão alfa apresentou resultado com otimização máxima do material. Porém, no processo com laser scanner, a otimização

chega ao nível máximo para projetos com 1.000 m², com índice de otimização de 90%.

Além disso, considerando que o padrão de tamanho de peças aumenta de forma proporcional à área do projeto, pode-se deduzir que a perda reduz conforme aumenta-se a área de projeto, já que os painéis podem ser melhor enquadrados nas chapas, reduzindo as áreas inutilizadas com forma irregular.

A seguir é apresentado uma projeção média para a otimização do projeto com a inserção da tecnologia LIDAR no processo de manufatura, admitindo-se que esse cenário pode variar conforme a complexidade do projeto e as exigências de peças especiais (ver gráfico 4).

Gráfico 4 – Projeção da otimização do uso do alumínio composto, comparando os cenários com o processo tradicional e com o mapeamento 3D.



Fonte: A autora.

Portanto, apesar de não ter sido comprovado neste estudo, a perspectiva é que a taxa de perda do ACM reduza também conforme se eleve a área de projeto. Assim, em uma extensão futura desse estudo pode ser avaliado qual será o nível de redução da área ótima de projeto, ou seja, a área de projeto que gera menor perda

de material após a execução do mapeamento 3D, em comparação à área ótima no processo tradicional.

6.2. RESULTADOS QUALITATIVOS

Os dados que dependem da percepção individual dos envolvidos no processo e não podem ser mensurados numericamente, foram coletados por meio de pesquisas com o uso da ferramenta “*Google Forms*” nos dois momentos do estudo: ao fim da versão beta e ao fim da versão alfa. As informações coletadas se encontram no apêndice deste relatório.

A amostra do grupo de pesquisa foi de 3 pessoas, composto pelos responsáveis das áreas de Engenharia e Programação de usinagem da empresa cliente, os quais são as figuras que terão contato direto com o produto do mapeamento 3D para desenvolvimento suas atividades.

O formulário foi composto por perguntas objetivas, com escala de 1 a 5 e de múltipla escolha, e um espaço para comentário, e tinham o objetivo de mensurar as dificuldades e vantagens que ocorreram ao longo do processo. A versão beta foi avaliada com 13 questões além do comentário, e a versão alfa, com 16 questões além do comentário.

Com a pesquisa, foi possível perceber uma leve diferença nas opiniões registradas entre a versão beta e a versão alfa, principalmente no que diz respeito à manipulação da nuvem de pontos. Na versão beta, 1 pessoa avaliou esse quesito como sendo mais trabalhoso do que o processo tradicional, no entanto, na versão alfa, todos consideraram que essa atividade tem facilidade igual ou superior em comparação ao processo tradicional.

O manuseio do equipamento e o processamento de dados também foram questões avaliadas nesse momento. As respostas variaram em uma escala de 3 a 5, sendo os resultados dessas etapas considerados, portanto, mais vantajosos em relação ao processo tradicional.

A redução do tempo de projeto se manteve constante entre as versões, com avaliação a nível 4. Logo, pode-se concluir que a produtividade de projeto apresentou aumento significativo após o uso do laser scanner.

Nos dois momentos, também, todos consideraram que o mapeamento 3D é eficaz em antecipar gargalos, proporciona um melhor direcionamento dos materiais e reduz a probabilidade de ocorrer erros, sobretudo, na fase da execução do projeto.

Entre as principais vantagens do mapeamento 3D em comparação com outras alternativas de medição *in loco* existentes no mercado, foram definidas através da pesquisa: (1) a facilidade de visualização do projeto, por gerar um resultado tridimensional (2) capacidade de antecipação de gargalos e tomadas de decisão e (3) a compatibilização entre o real e o projetado.

Uma dificuldade apontada pela pesquisa foi a identificação dos pontos de início da estrutura e mudanças de direção dos planos, como apresentado na seção 5.2 deste relatório, em virtude da alta densidade de pontos que o equipamento gera. A solução proposta foi a utilização de marcadores, que também podem ser vistos na seção 5.2, para facilitar essa identificação, sendo ainda necessário desenvolver essa ferramenta de forma mais apropriada a sua finalidade.

Por fim, de forma geral, os resultados qualitativos desse estudo mostraram que a tecnologia de mapeamento 3D através do uso do laser scanner foi considerada de grande valia para a área de desenvolvimento de projetos de fachadas em ACM, pela fácil visualização e transmissão de informação que o seu produto proporciona, e, por consequência, o aumento da produtividade adquirido.

6.3. ANÁLISE DE PAYBACK

A fim de entender a partir de qual cenário o escaneamento a laser gera, de fato, resultado financeiro, foi feita uma análise de payback simplificada, considerando os seguintes dados:

- 1) Investimento inicial no valor de R\$ 790,00 (setecentos e noventa reais), equivalente à diária do aluguel do equipamento laser scanner utilizado para esse estudo – o GeoSLAM ZEB Horizon. Vale ressaltar que esse valor pode

variar de acordo com cada equipamento escolhido, assim como as respectivas especificações. No entanto, a análise em questão se deu considerando os resultados obtidos através deste estudo com a utilização do equipamento ZEB Horizon. Portanto, as conclusões a serem feitas são referentes apenas ao cenário utilizando o equipamento apresentado por este estudo.

- 2) Em seguida, foi calculada a economia que o escaneamento a laser é capaz de gerar por área de projeto. Para isso, foram considerados os dados de otimização de material e custos de mão de obra da etapa de medição e elaboração do projeto, como apresentado anteriormente. O valor estimado da economia/m² com o uso da tecnologia é de R\$ 25,00/m² (vinte e cinco reais por metro quadrado). Contudo, como explicado nas seções anteriores deste trabalho, o mapeamento 3D proporciona redução de custos de forma não-constante, com proporção linear ao aumento da área de projeto. Ao comparar os dois momentos do estudo, versão beta e versão alfa, se encontrou uma relação de R\$ 4,00 a menos a cada m² a mais lido pelo laser scanner. Portanto, para áreas de fachada maiores que 1 m², a relação de ganho do investimento é de $25+4x$, sendo x a área de projeto a ser mapeada.
- 3) Logo, considerando os pontos acima apresentados, foi feita uma simulação com valores para áreas de projeto e a economia gerada pelo laser scanner para cada área. O resultado encontra-se disposto no quadro 7.

Quadro 7 – Simulação para cálculo simplificado de payback do investimento do laser scanner.

Investimento Inicial	R\$ 790,00
Economia/m²	R\$ 25+4x

ÁREA DE PROJETO (m²)	FLUXO DE CAIXA
1	-R\$ 765,00
50	-R\$ 565,00
100	-R\$ 365,00
120	-R\$ 285,00
150	-R\$ 165,00
170	-R\$ 85,00
200	R\$ 35,00
500	R\$ 1.235,00
1000	R\$ 3.235,00
1500	R\$ 5.235,00
2000	R\$ 7.235,00
5000	R\$ 19.235,00

Fonte: A autora.

Dessa forma, conclui-se que, conforme a relação encontrada, a aplicação do laser scanner se torna viável para projetos a partir de 200 m². Em outras palavras, para projetos a partir de 200 m² os resultados financeiros gerados pela aplicação do laser scanner são suficientes para cobrir o valor do investimento realizado.

7. CONCLUSÃO

Após a realização desse estudo e os resultados obtidos a partir da versão alfa e beta, conclui-se que a tecnologia de mapeamento 3D com uso de laser scanner como solução para promover agilidade e precisão no levantamento das medidas de campo, propicia efeitos positivos na etapa de elaboração do projeto executivo das fachadas industrializadas em ACM, que desencadeiam benefícios no processo subsequente de manufatura dos painéis.

Constatou-se que a tecnologia LIDAR é eficiente em aumentar a produtividade de projeto devido a facilidade de visualização que a nuvem de pontos tridimensional proporciona, assim como a precisão dos dados coletados torna possível uma redução da margem de erro durante a manufatura dos painéis, o que reflete diretamente na taxa de perda do material ACM.

Ao atender esses dois quesitos (precisão e produtividade), o mapeamento 3D também é validado ao se analisar a perspectiva de redução de custos. Além de reduzir o tempo, o escaneamento a laser também requer apenas um operador do equipamento para executar a medição. Logo, com a redução das horas e quantidade de mão de obra necessária para a coleta de dados, ocorre, conseqüentemente, a redução de custos.

Da mesma forma acontece na etapa de desenvolvimento do projeto executivo. Com o aumento da produtividade, a redução dos custos é constatada provinda da redução da relação homem-hora (hh) na execução dessa atividade.

Considerando a projeção de otimização de materiais, os benefícios da aplicação do laser scanner aparentam serem melhor aproveitados em edificações de maior porte, ou seja, edificações acima de 1.000 m², com o intuito de garantir que o percentual de perda seja reduzido ao mais próximo possível de zero, cabendo a estudos futuros a comprovação desse cenário.

Vale ressaltar também que este estudo pode ser desenvolvido para análise dos impactos nos demais processos além do projeto executivo e manufatura dos painéis ACM. Ainda nos quesitos de produtividade e precisão, pode-se avaliar a etapa de instalação, sob a perspectiva da não necessidade de retrabalhos em campo para as peças de arremate devido à redução da margem de erro, e também,

correlacionando a qualidade da informação gerada pela visualização 3D e os possíveis efeitos no tempo de entendimento do projeto para evitar erros de instalação e ocorrência de retrabalhos.

Além do 3D, já que o escaneamento a laser ocasiona também em uma dependência tecnológica dos processos, existe uma relação com elevado potencial a ser avaliado em estudos futuros, entre o mapeamento 3D e o BIM. Para o desenvolvimento foi utilizado apenas a quarta dimensão do BIM, contemplando a modelagem tridimensional da fachada e a compatibilização entre os elementos projetados. No entanto, fazendo uma análise superficial até a décima dimensão do BIM, onde se alcança a construção industrializada, os ganhos da inserção dessa tecnologia podem apresentar reflexos escalares ao longo de toda a cadeia BIM.

REFERÊNCIAS

ALUKROMA. **Catálogo Comercial Alukroma – Alta performance em ACM**. São Paulo: Alukroma, 2021.

ÁLVARES, J. S. **Mapeamento 3D de canteiros via imagens coletadas com veículo aéreo não tripulado (VANT)**. 2016. 156 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

ÁLVARES, J. S. **Monitoramento visual do progresso de obras com uso de mapeamentos 3D de canteiros por VANT e modelos BIM 4D**. 2019. 246 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

ALVES, M. K. **Industrialização na construção civil: análise da possibilidade de adoção de ações de um programa de desenvolvimento tecnológico europeu na construção civil brasileira**. 2016. 60 p. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ARCHDAILY. **Como funcionam as fachadas duplas ventiladas**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/922852/como-funcionam-as-fachadas-ventiladas>. Acesso em: 20 jul 2021.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE FACHADAS LIGERAS Y VENTANAS - ASEFAVE. **Manual de producto – Fachadas ligeras**. Madrid, 612 p., 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15446: Painéis de Chapas Sólidas de Alumínio e Painéis de Material Composto de Alumínio utilizados em fachadas e revestimentos arquitetônicos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2006.

BIM – LEARNING CENTER. **Perfect-Fit Aluminum Cladding with 3D Laser Scanning**. Disponível em: <https://bimlearningcenter.com/perfect-fit-aluminum-cladding-3d-laser-scanning/>. Acesso em: 20 jun 2021.

BORODINECS, A.; ZEMITIS, J.; DOBELIS, M.; KALINKA, M.; PROZUMENTS, A.; STEINERTE, K. 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning. **Modular retrofitting solution of buildings based on 3D scanning**. China, p. 160-166, 2017.

BRASIL AO CUBO. **Soluções construtivas ágeis**. Disponível em: <https://brasilaocubo.com/>. Acesso em: 17 set 2021.

BRAUN, A.; TUTTAS, S.; BORRMANN, A.; STILLA, U. ITcon – Journal of Information Technology in Construction. **A concept for automated construction progress monitoring using bim-based geometric constraints and photogrammetric point clouds**. v. 20, p. 68-79, 2015.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – SIPCI – Sistema de Preços, custo e índices**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.sipci.caixa.gov.br/>. Acesso em: 25 out 2021.

CAMPOS, Karina Felisbino. **Desenvolvimento de sistema de fixação de fachada ventilada com porcelanato de fina espessura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CEI MATERIALS – INVENTIVE FACADE SOLUTIONS. **SHOP TALK: How 3D Laser Scanning Technology Assists The Construction Process**. Disponível em: https://www.ceicomposites.com/news/SHOP-TALK-How-3D-Laser-Scanning-Technology-Assists-The-Construction-Process-_AE43.html. Acesso em: 6 jun 2021.

CHENG, L.; TONG, L.; CHEN, Y.; ZHANG, W.; SHAN, J.; LIU, Y.; LI, M. Integration of LiDAR data and optical multi-view images for 3D reconstruction of building roofs. **Optics and Lasers in Engineering**. v. 51, p. 493-502, 2013.

DEUS, B. R. B. S. **Mapeamento 3D com drone para suporte ao BIM aplicado a Arquitetura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER, A. V. **Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, 2015.

EISENBEIß, H. **UAV Photogrammetry**. Zurich: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie – Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2009.

FALTÝNOVÁ, M.; MATOUŠKOVÁ, E., ŠEDINA, J.; PAVELKA, K. The International Archives of the Photogrammetry, Remoting Sensing and Spatial Information Sciences. **Building facades documentation using laser scanning and photogrammetry and data implementation into BIM**. Czech Republic, v. XLI-B3, p. 215-220, 2016.

GRAND VIEW RESEARCH. **Facade – Market Analysis, 2017 – 2028. Oportunities Beyond COVID-19 Crisis**. v. 1, 2021.

GROETELAARS, N. J. **Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”:** estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

HAMMOUDI, K.; DORNAIKA, F.; SOHEILIAN, B.; VALLET, B.; MCDONALD, J.; PAPRODITIS, N. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012. **Recovering occlusion-free textured 3D maps of urban facades by a synergistic use of terrestrial images, 3D point clouds and area-based information**. p. 971-980, 2012.

ISRAEL, M. C.; PILEGGI, R. G. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. **Uso do**

escaneamento 3D laser para análise de planicidade e volumetria de argamassa em fachadas. v. 9, n. 1, p. 91-122, 2016.

LIDAR NEWS – Home of the LiDAR Industry. **3D Laser Scanning Expedites Installation of ACM Panels.** Disponível em: <https://lidarnews.com/articles/3d-laser-scanning-expedites-installation-of-acm-panels/>. Acesso em: 2 dez 2021.

MARTINS, A. A.; SILVA, J. C.; FIALHO, P. F. **Viabilidade econômica de painéis de alumínio composto em retrofit de fachadas: comparativo com sistema convencional.** p. 53-68, 2015.

MEDEIROS, J.S. et al. **Tecnologias de vedação e revestimento para fachadas.** Rio de Janeiro: Instituto do Aço Brasil / CBCA, 2014. (Série Manual de construção em aço).

MINUTO ENGENHARIA. **Fachadas Industrializadas para Edifícios Estruturados em Aço.** Disponível em: <http://www.minutoengenharia.com.br/postagens/2013/09/25/fachadas-industrializadas-para-edificios-estruturados-em-aco/>. Acesso em: 4 ago 2021.

MOLESTINA, D. E. E. **Paneles prefabricados de hormigón armado como alternativa de recubrimiento para fachadas em la región costa.** 2016. 201 p. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, 2016.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. Ambiente Construído – Revista da ANTAC. **A indústria da construção na era da informação.** Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, 2003.

NUNES, G. H.; LEÃO, M. Revista de Engenharia Civil. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM.** Mato Grosso, 15 p., 2018.

PROJETO ALUMÍNIO. Manual Técnico. **ACM: definição, vantagens, cores e acabamentos**. São Paulo, v. 2, 2020.

PX-80. **ESPECIFICAÇÕES | Slam Lidar Scanner PX80 Occipital Paracosm**. Disponível em: <https://www.scannerlaser.com.br/especificacoes>. Acesso em: 7 abr 2021.

REMONDINO, F. **Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning**. Remote Sens, v. 3, p. 1104-1138, 2011.

REMONDINO, F.; BARAZZETTI, L.; NEX, F.; SCAIONI, M.; SARAZZI, D. **UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling – Current status and future perspectives**. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38., 2011, Zurich. Proceedings... Zurich: ISPRS, 2011. p. 25-31.

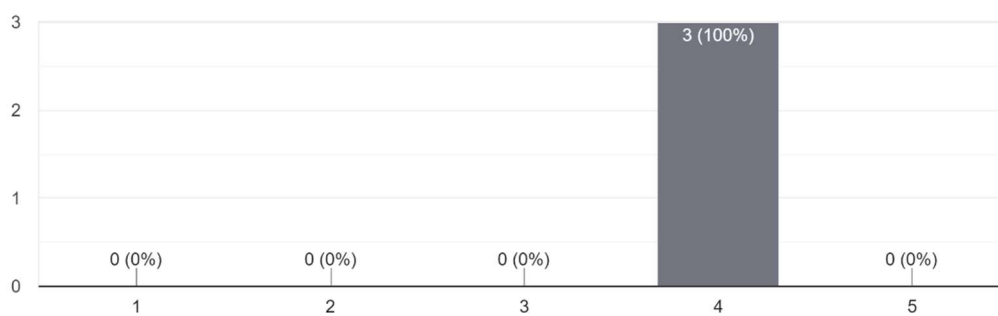
SIEBERT, S; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**, v.41, p. 1-14, 2014.

APÊNDICES

Apêndice 1: Pesquisa de feedback referente ao estudo de caso versão beta.

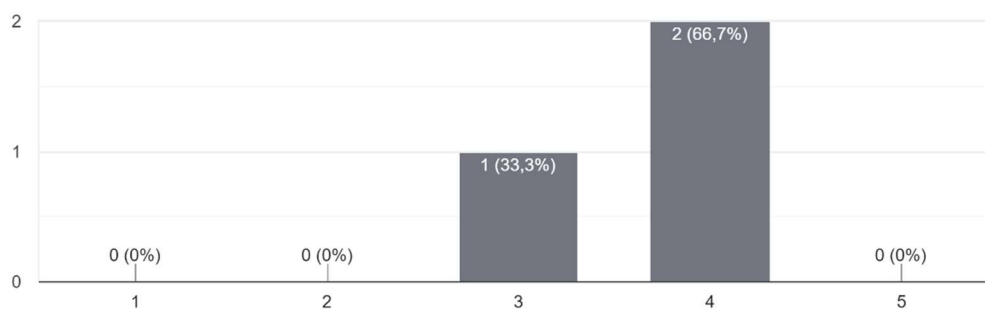
Compatibilização dos dados coletados com o real em campo

3 respostas



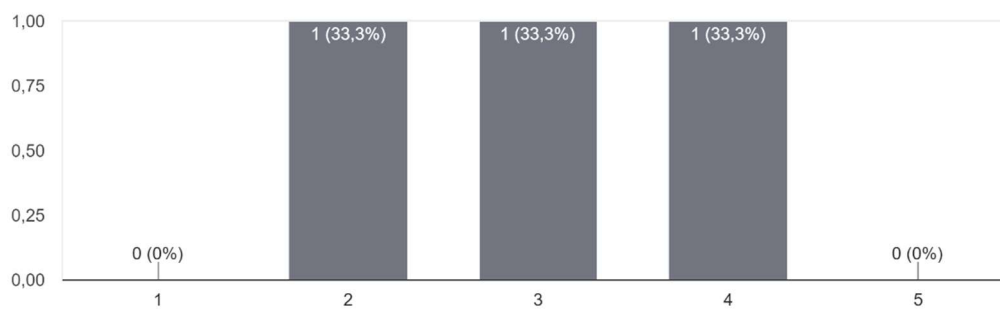
Interpretação dos dados coletados

3 respostas



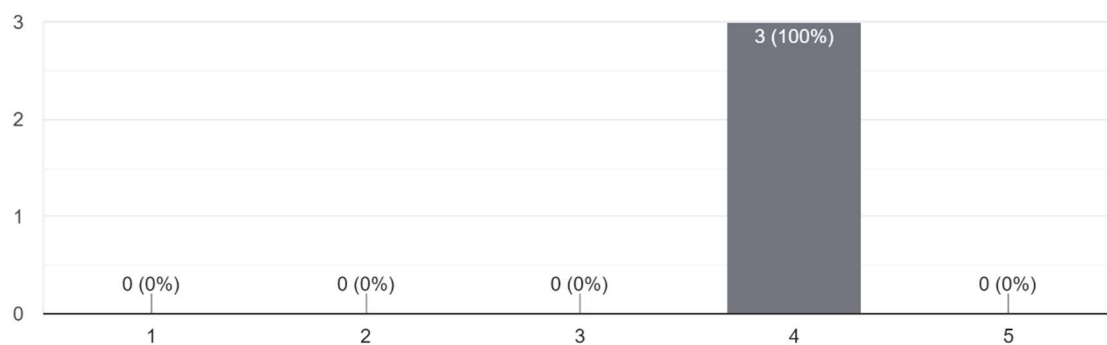
Manipulação dos dados coletados

3 respostas



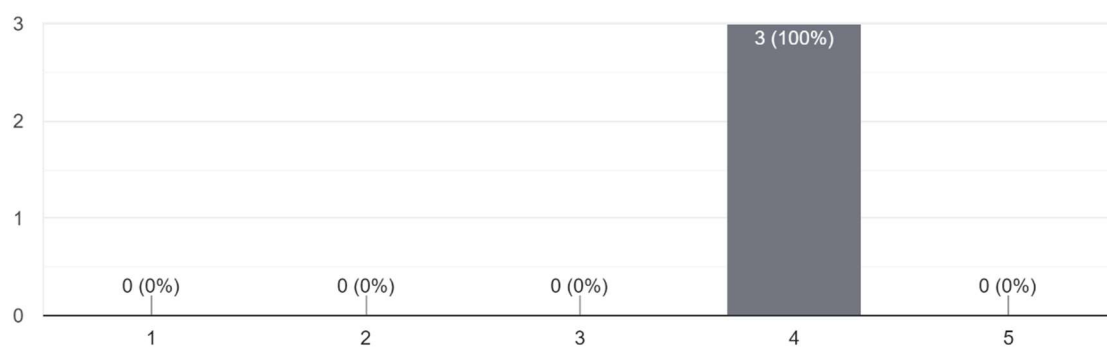
Redução do tempo de projeto

3 respostas



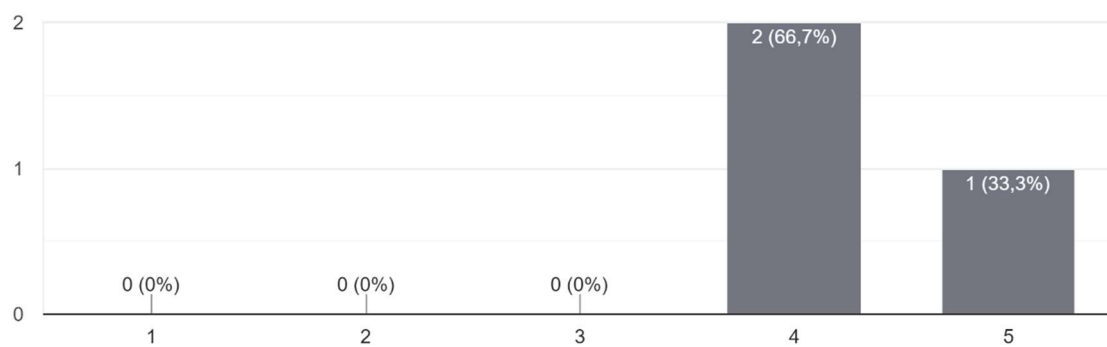
Precisão das medidas coletadas

3 respostas



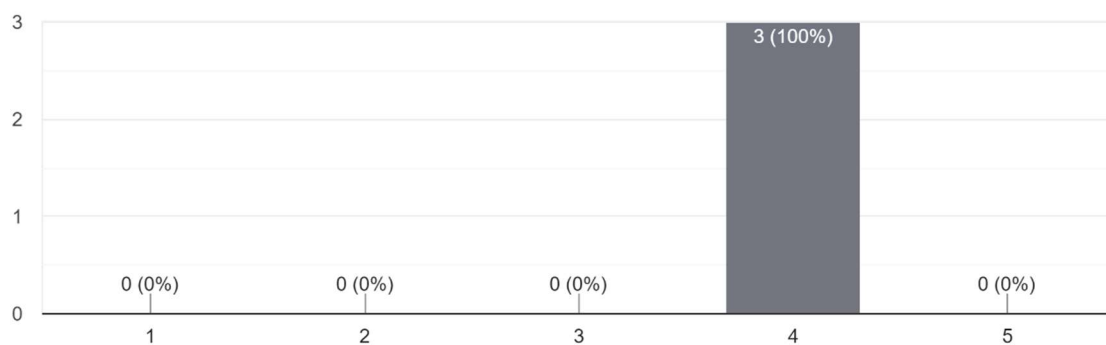
Entendimento visual do projeto executivo

3 respostas



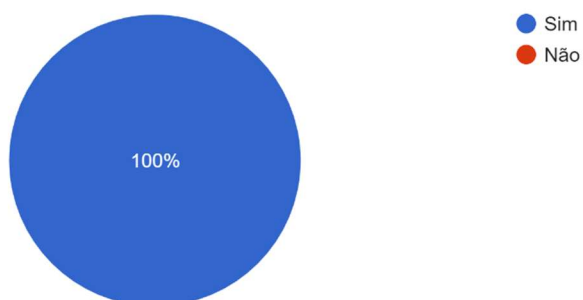
Transmissão das informações do projeto para terceiros

3 respostas



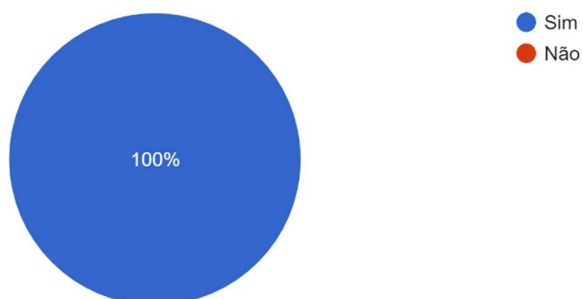
Na sua opinião, houve REDUÇÃO de alguma etapa do processo?

3 respostas



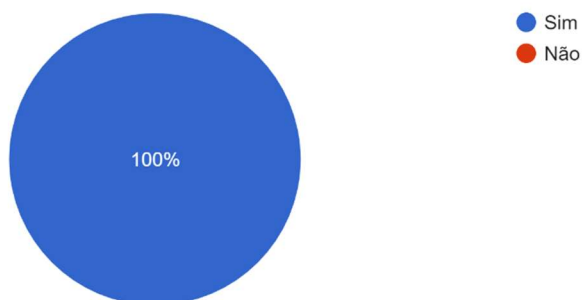
Na sua opinião, houve ADIÇÃO de alguma etapa do processo?

3 respostas



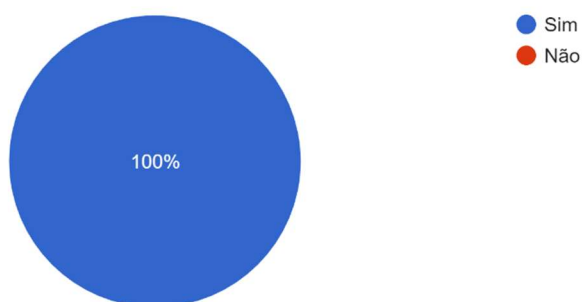
Você considera que o mapeamento 3D antecipa gargalos?

3 respostas



Para você, o mapeamento 3D tem alguma relação com a redução/melhor direcionamento dos materiais?

3 respostas



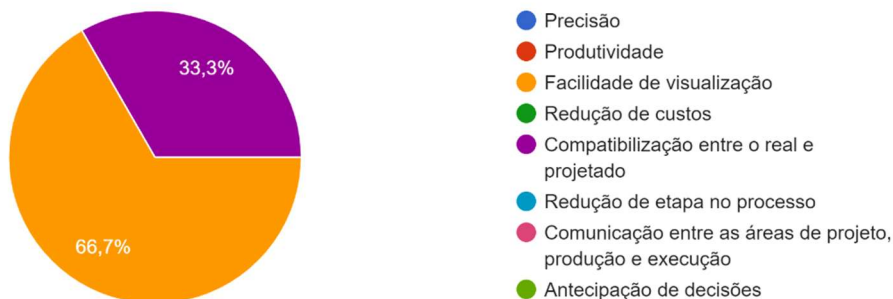
Para você, o mapeamento 3D reduz a probabilidade de acontecer erros? Se sim, em qual etapa?

3 respostas



Na sua opinião, qual o principal ganho dessa tecnologia em relação às outras alternativas de medição de projeto?

3 respostas



Deixe seu comentário

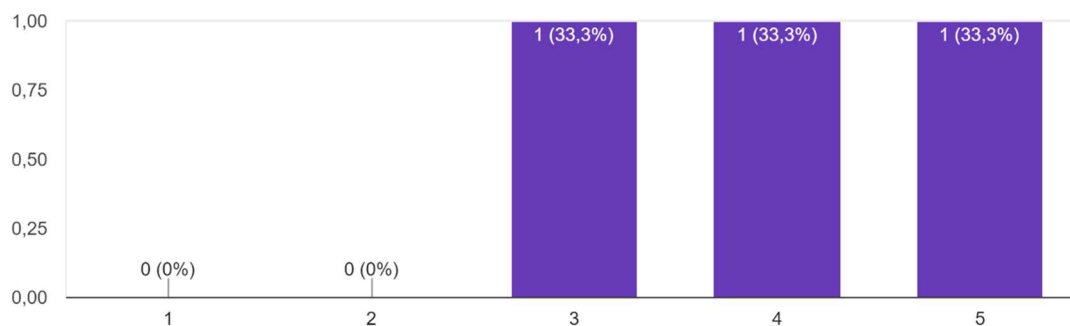
3 respostas

- A tecnologia, caso validada, irá permitir melhor visualização de gargalos em antecipado e a capacidade de decidir o melhor sistema para cada situação. No balanço geral, acredito que o ganho de produtividade e qualidade será considerável!
- Acredito que o mapeamento auxilia bastante no setor de Engenharia, potencializando na hora de criação dos projeto. Com essa tecnologia ,a visualização do real em um software facilita na passagem das informações que por consequência acaba reduzindo os erros .
- Com a projeção em 3D, identifica-se mais rápido gargalos, visualização do projeto mais clara e a comunicação entre os setores, conseqüentemente, mais clara.

Apêndice 2: Pesquisa de feedback referente ao estudo de caso versão alfa.

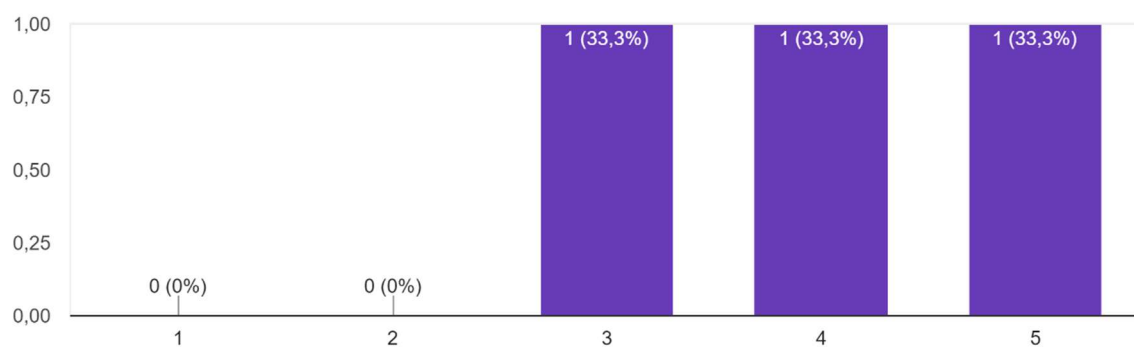
Manuseio do equipamento

3 respostas



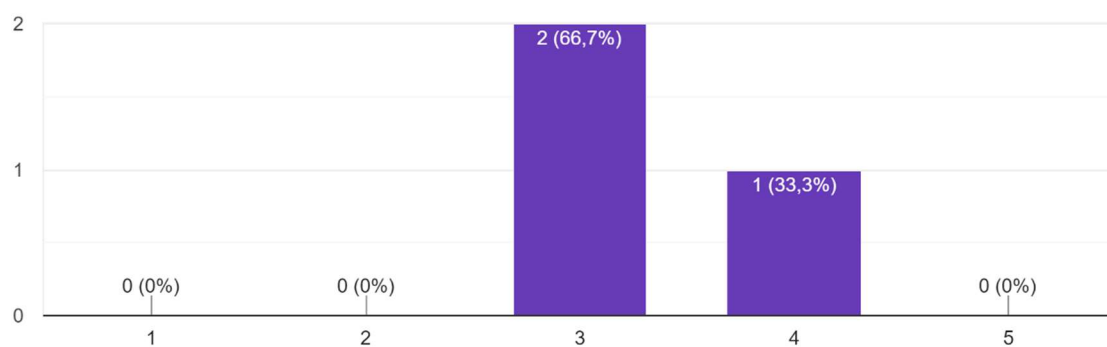
Processamento dos dados

3 respostas



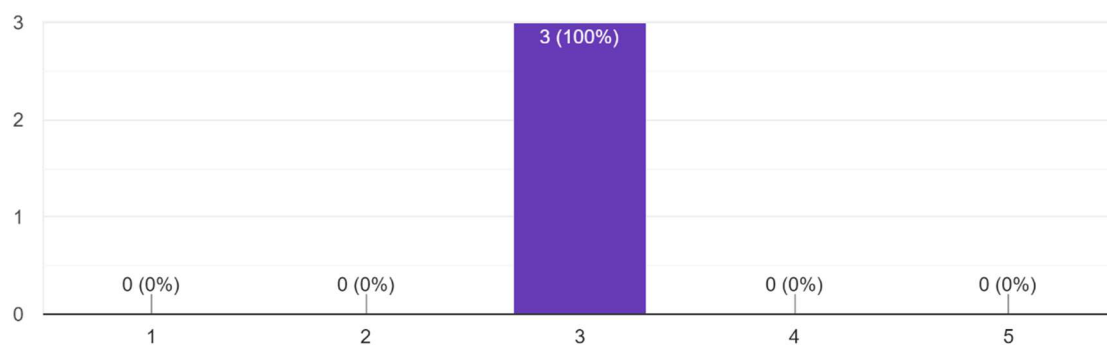
Manipulação da nuvem de pontos

3 respostas



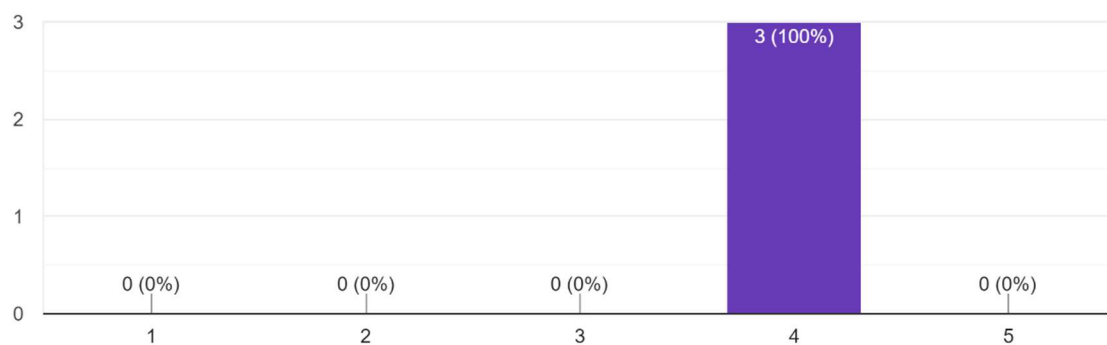
Interpretação da nuvem de pontos

3 respostas



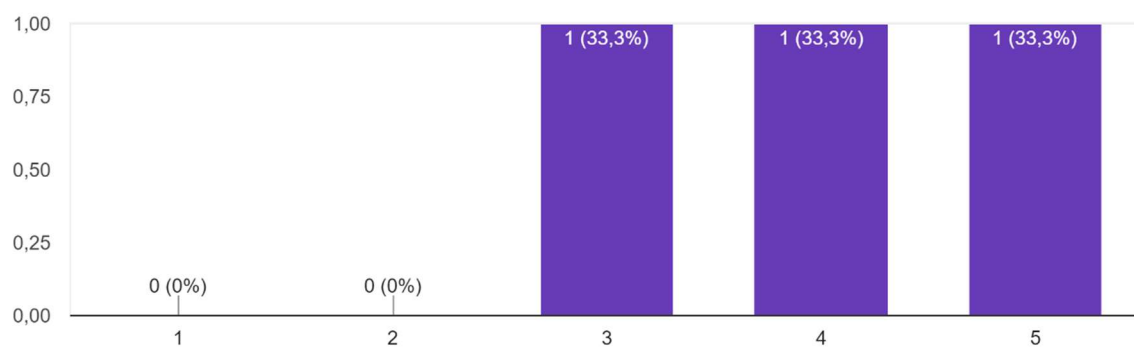
Redução do tempo de projeto

3 respostas



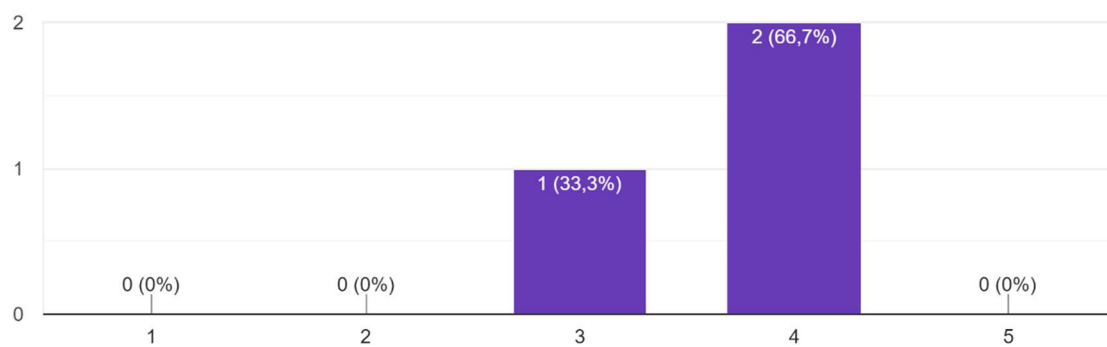
Precisão da nuvem de pontos com o real em campo

3 respostas



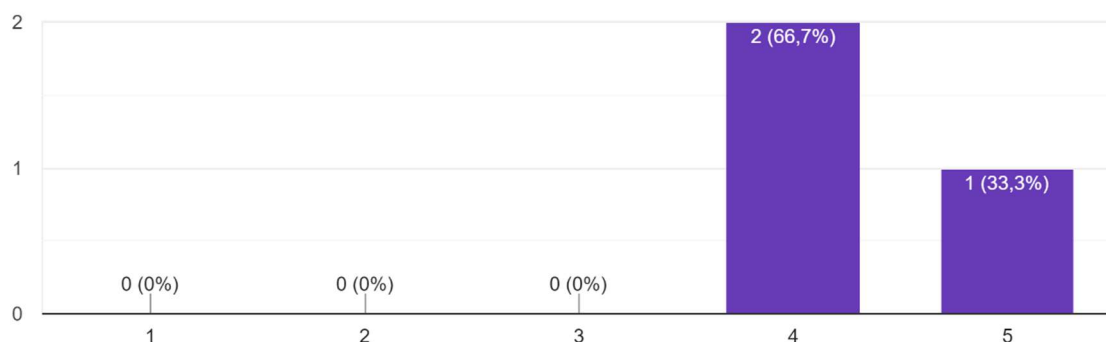
Precisão das medidas projetadas

3 respostas



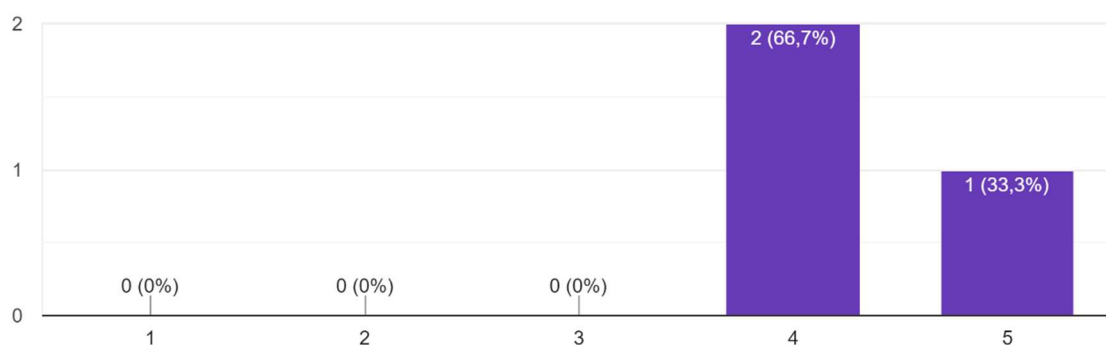
Entendimento visual do projeto executivo

3 respostas



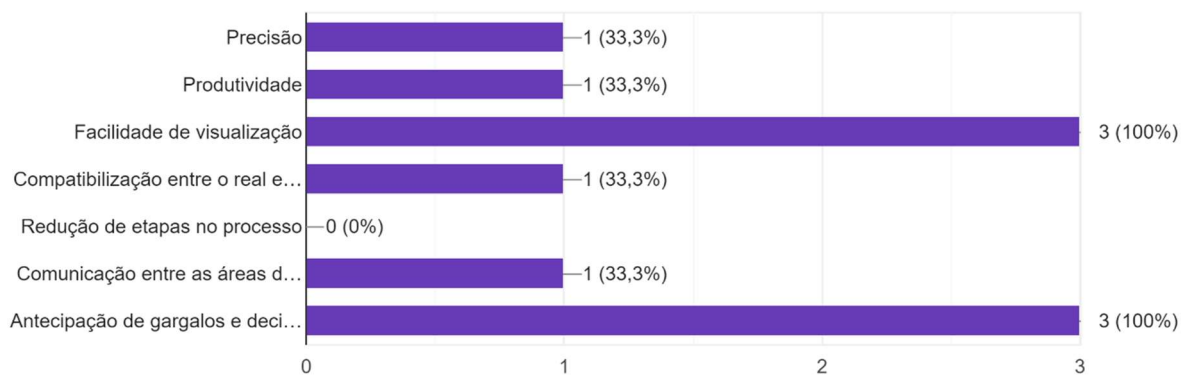
Transmissão das informações do projeto para terceiros

3 respostas



Na sua opinião, quais os 3 principais ganhos dessa tecnologia em relação às outras alternativas de medição de projeto?

3 respostas



Qual(is) foi(ram) sua(s) principal(is) dificuldade(s)?

3 respostas

Identificação do ponto correto na nuvens de pontos para alocar elementos.

O exato ponto onde se inicia a estrutura.

Fazer a identificação do ponto (0,0)

Você enxerga solução(ões) para essas dificuldades?

3 respostas

Não.

A solução seria a que já foi utilizada, porém acho que deveria de alguma forma modificar o formato ou tamanho do marcador.

Desenvolver em uma nova versão um formato de marcador maior que não se misture com a estrutura em campo

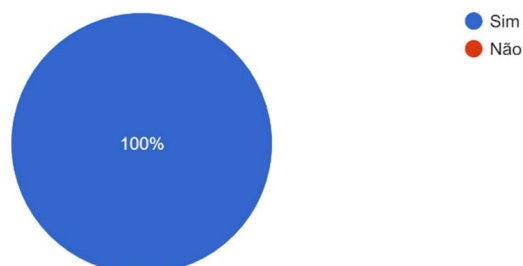
Para você, o mapeamento 3D reduz a probabilidade de acontecer erros? Se sim, em qual etapa?

3 respostas



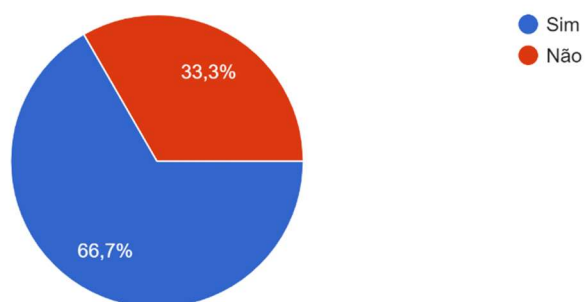
Na sua opinião, houve REDUÇÃO de alguma etapa do processo?

3 respostas



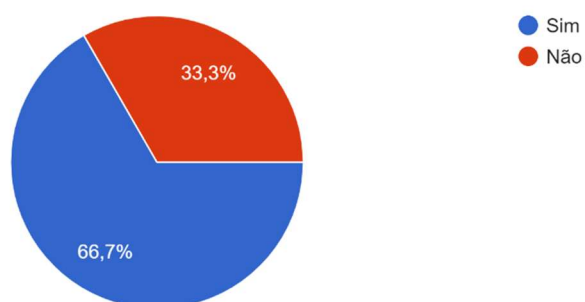
Na sua opinião, houve ADIÇÃO de alguma etapa do processo?

3 respostas



Na sua opinião, houve ADIÇÃO de alguma etapa do processo?

3 respostas



Para você, o mapeamento 3D tem alguma relação com a redução/melhor direcionamento dos materiais?

3 respostas

