

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Laís Klein Gaiardo

**ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DA ESCOLHA DE TIPO
DE VIDRO PARA FACHADA DE PRÉDIO COMERCIAL
VISANDO ATENDER A CERTIFICAÇÃO LEED**

Porto Alegre
Fevereiro 2024

LAÍS KLEIN GAIARDO

**ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DA ESCOLHA DE TIPO
DE VIDRO PARA FACHADA DE PRÉDIO COMERCIAL
VISANDO ATENDER A CERTIFICAÇÃO LEED**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira

Porto Alegre
Fevereiro 2024

LAÍS KLEIN GAIARDO

**ESTUDO DE CASO: VERIFICAÇÃO DA ESCOLHA DE TIPO
DE VIDRO PARA FACHADA DE PRÉDIO COMERCIAL
VISANDO ATENDER A CERTIFICAÇÃO LEED**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof.^a Fernanda Lamego Guerra (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^a Thainá Yasmin Dessuy (UFRGS)
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Ivete e Renato,
ao meu irmão, Fábio, e a todas pessoas que me
apoiaram durante toda a minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por me incentivarem desde cedo a mudar de cidade e realizar meu sonho de estar em uma das melhores universidades do Brasil cursando o curso que sou apaixonada e por todo o apoio que recebi durante a graduação.

Agradeço à minha orientadora Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira pelo apoio e dedicação prestados ao longo deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas da faculdade que fizeram com que a minha adaptação nesta cidade e toda a minha graduação fosse mais tranquila.

Agradeço à Melnick, pelas oportunidades oferecidas, pelos conhecimentos e experiências adquiridos em todo o período em que trabalhei na empresa.

Agradeço aos meus colegas de trabalho, que sempre me apoiaram, me tranquilizaram quando foi preciso e por estarem sempre dispostos a responderem as minhas dúvidas deste trabalho.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

RESUMO

Com o intuito de atingir práticas mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente, a construção civil vem se reinventando com novas tecnologias e metodologias. Atualmente, as certificações ambientais atuam diretamente nas construções, abrangendo todas as fases do empreendimento, com o intuito de melhorar a relação homem e meio ambiente. Uma das certificações com grande importância mundialmente é a Certificação LEED, que, com seu método de pontuação, classifica empreendimentos a partir do seu impacto no meio ambiente e na sociedade. O presente trabalho apresenta um estudo de caso de uma obra localizada em Porto Alegre – RS composta por duas torres comerciais de fachada unitizada na procura de encontrar o melhor sistema de vidros para que se atenda os parâmetros da Certificação LEED e ao mesmo tempo se analisa o impacto no custo e prazo de entrega do empreendimento. Com base na revisão bibliográfica estudou-se as propriedades dos vidros e dos sistemas de fachada para melhor análise das amostras obtidas para o estudo. Juntamente às revisões bibliográficas, também foram realizadas visitas à obra para melhor entendimento do complexo e do sistema da fachada. Durante essas visitas, foram feitas reuniões com engenheiros e funcionários da obra para compreender o processo da escolha e o impacto que elas trazem ao empreendimento. Assim, procurou-se descrever todas as opções levantadas para depois analisar, juntamente com os conceitos da certificação, a melhor solução. Durante a análise, percebeu-se que a melhor solução atenderia os parâmetros da Certificação LEED, porém acarretaria em um atraso de 5 meses do prazo da obra e um custo total de \$ 9.320.767,15.

Palavras-chave: vidros; certificação LEED; sistema de fachadas; estudo de caso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Categorias avaliadas pelo LEED.....	16
Figura 02 – Sistema de classificação por pontuação LEED.....	18
Figura 03 – Etapas do processo de certificação.....	18
Figura 04 – Performance vidro em relação aos raios UV.....	24
Figura 05 – Vidro insulado.....	25
Figura 06 – Sistema pele de vidro.....	26
Figura 07 – Sistema Structural Glazing.....	27
Figura 08 – Encaixe macho e fêmea dos painéis unitizados.....	29
Figura 09 – Localização empreendimento.....	30
Figura 10 – Avanços da Torre A à direita e Torre B à esquerda	33
Figura 11 – Vidro laminado.....	36
Figura 12 – Vidro insulado.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores referência NBR 10152.....	20
Tabela 02 – Descrição e nomenclatura vidros.....	33
Tabela 03 – Combinações 1 e 3 da categoria 4.....	39
Tabela 04 – Categorias 1, 2 e 3.....	39
Tabela 05 – Categoria 4.....	40
Tabela 06 – Custo total categorias restantes.....	40

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASE – Exposição à Luz Solar

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

EPDM - Etileno Propileno Dieno Monômero

EVA - Etil, Vinil e Acetato

GBC – *Green Building Council*

LAEQ - *Equivalent Continuous Sound Level*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

BD+C - *Bulding Design+Construction*

IC+C – *Interior Design+Construction*

O+M – *Operation e Maintenance*

NBR – Norma Brasileira

ND – *Neighborhood*

OPEX HVAC - *Operational Expenditure Heating, Ventilating and Air Conditioning*

PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PVB - *Poli Vinil Butiral*

QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão

RW - Índice de Redução Sonora

SDA – Autonomia Espacial de Luz Natural

SHGC - *Solar Heat Gain Coefficient*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

USGBC - *United States Green Building Council*

VLT - *Visible Light Transmittance*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	14
2.1 OBJETIVOS.....	14
2.2 DELIMITAÇÕES.....	14
2.3 LIMITAÇÕES	14
2.4 METODOLOGIA.....	14
3 CERTIFICAÇÃO LEED.....	15
3.1 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO.....	15
3.2 NÍVEL DE CLASSIFICAÇÃO.....	17
3.3 ETAPAS DA CERTIFICAÇÃO	18
3.4 BENEFÍCIOS	18
4 CONFORTO	20
4.1 CONFORTO ACÚSTICO.....	20
4.2 CONFORTO TÉRMICO.....	22
5 VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
5.1 ORIGEM DO VIDRO	23
5.2 TIPOS DE VIDRO	23
5.2.1 Vidro temperado.....	23
5.2.2 Vidro laminado	24
5.2.3 Vidro duplo ou insulado	25
5.3 FACHADAS DE VIDRO.....	26
5.3.1 Pele de vidro.....	26
5.3.2 <i>Structural Glazing</i>	27
5.3.3 Unitizada ou <i>Offset Wall</i>	27
6 ESTUDO DE CASO	30
6.1 EMPREENDIMENTO EM PORTO ALEGRE-RS	30
6.2 EMPREENDIMENTO E A CERTIFICAÇÃO LEED	31
6.3 OPÇÕES VIDROS	32
6.4 COMPARAÇÃO VIDROS	34
6.5 SELEÇÃO DA OPÇÃO MAIS ADEQUADA	39
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A	46

1 INTRODUÇÃO

Atualmente na construção civil, a busca por práticas mais sustentáveis e amigáveis ao meio ambiente tem se tornado uma prioridade. Nesse contexto, algumas certificações surgem como um instrumento transformador, visando não apenas a eficiência energética, mas também a promoção de uma mentalidade sustentável na sociedade, como por exemplo a Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Desenvolvida pela entidade não governamental norte-americana USGBC (*United States Green Building Council*), a certificação LEED chegou ao Brasil em 2006, marcando seu pioneirismo com o edifício Curitiba Office Park, no Paraná (GBC, 2023).

A presente monografia explora os aspectos desse processo de certificação, detalhando as etapas, benefícios e a importância do conforto nas edificações sustentáveis. Além disso, será abordado o papel fundamental do vidro na construção civil, apresentando suas origens, tipos e aplicações, com foco especial nas fachadas de vidro, destacando sistemas como Pele de Vidro, Structural Glazing e as inovadoras fachadas unitizadas.

Este estudo foi elaborado com base em um estudo de caso de uma construção situada em Porto Alegre - RS, que está em processo de obtenção da certificação LEED. Um dos elementos examinados, que exerce uma influência considerável na certificação, são os vidros utilizados na fachada deste empreendimento. Portanto, serão avaliadas opções que atendam aos critérios estabelecidos pela LEED, levando em consideração os custos associados e o impacto nos prazos para a incorporadora, a fim de se obter a melhor opção possível.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

2.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é encontrar a melhor opção de vidro para a fachada de duas torres comerciais atendendo parâmetros da certificação ambiental LEED.

Juntamente com o estudo de caso, este trabalho tem como objetivos específicos a compressão da certificação ambiental através de sua metodologia e avaliação das opções de vidro presente no mercado voltado a sustentabilidade, além de avaliar questões de desempenho, conforto e impacto no prazo e no custo da obra, a fim de se obter a certificação sem que isso gere prejuízos à incorporadora responsável pelo empreendimento.

2.2 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à comparação para escolha de vidros de uma fachada de duas torres comerciais em Porto Alegre – RS para atender a Certificação LEED.

2.3 LIMITAÇÕES

O trabalho tem como limitação a análise baseando nos parâmetros de uma certificação ambiental fornecidos pela empresa especializada em LEED na região sul. A comparação dos vidros baseou-se em dados fornecidos pelos fabricantes, pois não foram realizados ensaios com estes materiais.

2.4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de um processo de escolha dos vidros e sistema de fachada de um empreendimento em fase de construção localizado em Porto Alegre – RS que atendam requisitos de certificação ambiental LEED com eficiência, sustentabilidade, conforto e que não impactem no custo e prazo da obra de forma significativa. Além do mais, este estudo baseou-se em bibliográficas públicas sobre a temática em questão e material disponibilizado através de visitas no local do empreendimento.

3 CERTIFICAÇÃO LEED

Com a missão de transformar a indústria da construção civil e a mentalidade da sociedade em direção à sustentabilidade, a Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) foi criada pela entidade não governamental norte-americana USGBC (*United States Green Building Council*) e está presente no Brasil com mais de 530 projetos certificados, com um total de 16,74 milhões de metros quadrados brutos área construída (GBC BRASIL, 2023).

Na quarta posição no ranking de 165 países que possuem a certificação, o Brasil conta com 902 projetos certificados pelo LEED (GBC BRASIL, 2023). Segundo GBC BRASIL (2023) “O mercado está cada vez mais consolidado e a cultura da sustentabilidade tem se enraizado no Brasil. A julgar pela última década, o crescimento das edificações certificadas será exponencial daqui para frente.”.

Segundo a GBC BRASIL (2023), edificações com a certificação LEED representam 36% em São Paulo e 24% no Rio de Janeiro das lajes corporativas nestas cidades e a valorização do aluguel por m² destas edificações é de, aproximadamente, 39% a mais do que nas edificações comuns.

Na região sul uma empresa representa a certificação LEED, realizando os serviços de consultorias para obras que buscam o selo e suas edificações. “Pioneira e referência em edifícios autossuficientes, é a primeira do mundo a conquistar os selos LEED *Zero Energy* e LEED *Zero Water*” (USGBC, 2017). Esta empresa também foi reconhecida como LEED *Proven Provider* em 2018 e é responsável pelos edifícios de maior pontuação LEED no Brasil e no mundo (PETINELLI, 2023).

3.1 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

Antes de se dar início a qualquer processo da certificação LEED, deve-se entender em qual das quatro tipologias o empreendimento em análise se encaixa, que são elas BD+C, ID+C, O+M e ND.

A BD+C, *Bulding Design+Construction*, representa as novas construções e grandes reformas, onde a LEED estabelece diretrizes para a construção de edifícios, promovendo uma abordagem abrangente à sustentabilidade, com o objetivo de otimizar seus benefícios. O ID+C, *Interior*

Design+Construction, abrange escritórios comerciais e lojas de varejo que procuram oportunidade de conceber espaços internos mais sustentáveis e favoráveis ao bem-estar humano. Os O+M, *Operation e Maintenance*, são os empreendimentos existentes que desejam eficiência na operação e manutenção do edifício. Por último, o ND, *Neighborhood*, é voltado para o desenvolvimento de bairros mais sustentáveis e conectados (GCB BRASIL, 2023).

Com a tipologia definida, Rodrigues (2019) afirma em seu estudo que a incorporadora que busca a certificação deve atentar aos objetivos a serem alcançados pelas 9 categorias listadas na Figura 1, propostas pela certificação, pois cada uma possui pesos diferentes que são contabilizados em um *checklist* avaliado pelo LEED.

Figura 01 – Categorias avaliadas pelo LEED



(Fonte: GBC Brasil, 2023)

A GBC BRASIL (2023), descreve cada categoria como:

- processo integrado: integração de disciplinas e sistema de construção identificando e usando oportunidades desde o início do projeto e sua construção;
- localização e transporte: avaliação da localização do projeto, incentivando o desenvolvimento compacto, transporte alternativo e conexão com ambientes agradáveis, como parques e praças;

- terrenos sustentáveis: foca na integração do terreno do empreendimento com os ecossistemas locais e regionais, reduzindo impactos que a implantação da edificação pode causar na região;
- eficiência hídrica: baseada em uma abordagem de conservação de água, focando na redução do consumo de água potável e alternativas de reuso dos recursos;
- energia e atmosfera: tratando da redução do uso de energia, estratégias de projeto de eficiência energética e fontes de energia renováveis;
- materiais e recursos: foca em reduzir a geração de resíduos, incentivar o uso de materiais de baixo impacto ambiental e promove o descarte consciente;
- qualidade do ambiente interno: promove a qualidade do ar interno e conforto térmico, visual e acústico;
- inovação: incentiva práticas inovadoras e estratégias sustentáveis além das avaliadas pela LEED;
- prioridade regional: incentivam as equipes de projeto a se concentrarem em suas prioridades locais, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas da região onde se localiza o empreendimento em análise.

3.2 NÍVEL DE CLASSIFICAÇÃO

A metodologia de avaliação deste sistema é por meio do desempenho ambiental das edificações, que consiste na verificação de atendimento a créditos e pré-requisitos, gerando uma pontuação que permite a classificação do empreendimento em diferentes categorias, que são elas *Certified*, *Silver*, *Gold* e *Platinum*, representadas na Figura 2. “No caso da certificação LEED, avalia-se o desempenho energético do edifício de acordo com o procedimento descrito na *ASHRAE Standard 90.1*, uma norma americana que estabelece níveis mínimos de eficiência para a envoltória da edificação e seus sistemas” (WESTPHAL, 2016).

Figura 02 – Sistema de classificação por pontuação LEED



(Fonte: GBC Brasil, 2023)

3.3 ETAPAS DA CERTIFICAÇÃO

A certificação LEED é aplicável a uma diversidade de projetos abrangendo desde novas construções até reformas, incluindo operações e manutenção. O processo ocorre ao longo de todas as fases do empreendimento, desde a escolha do local até a conclusão da construção e início das operações, como representado na Figura 03

Figura 03 – Etapas do processo de certificação



(Fonte: GBC Brasil, 2023)

Após a conclusão, os dados do projeto são submetidos ao USGBC, que conduz uma auditoria documental em um prazo de até 25 dias úteis. Vale ressaltar que, em média, a obtenção da certificação LEED demanda de 4 a 6 meses após a conclusão da obra (USGBC, 2017).

3.4 BENEFÍCIOS

Obtido os requisitos e alcançando a certificação, o empreendimento passa a desempenhar com benefícios econômicos, sociais e ambientais garantidos pela GBC BRASIL (2023).

- Benefício econômicos

Diminuição dos custos operacionais e dos riscos regulatórios, valorização do imóvel, aumento na velocidade de ocupação e da retenção, modernização e menor obsolescência da edificação.

- Benefício sociais

Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes, inclusão social e aumento do senso de comunidade, capacitação profissional, conscientização de trabalhadores e usuários, aumento da produtividade do funcionário, melhora na recuperação de pacientes (em hospitais), melhora no desempenho de alunos (em escolas), aumento no ímpeto de compra de consumidores (em comércios), incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais, aumento da satisfação e bem estar dos usuários, estímulo a políticas públicas de fomento à construção sustentável.

- Benefício ambientais

Uso racional e redução da extração dos recursos naturais, redução do consumo de água e energia, implantação consciente e ordenada, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental, redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

4 CONFORTO

A demanda de melhor desempenho acústico e térmico em obras certificadas ambientalmente, traz uma abordagem importante no contexto da sustentabilidade e do bem-estar humano.

4.1 CONFORTO ACÚSTICO

Segundo Souza (2021), ruído é caracterizado como um som que se torna excessivo ou indesejado, exercendo impactos no corpo, mente e atividades humanas. Nesse contexto, a compreensão e avaliação do conforto acústico em uma construção tornam-se essenciais para a criação de um ambiente agradável.

A NBR 10152 (ABNT, 2017) traz parâmetros para que este conforto possa ser avaliado por meio de medições de níveis de pressão sonora em ambientes e seus valores de referência em função da finalidade de uso do ambiente.

O conforto acústico de ambientes internos em uma edificação deve ser determinado a partir de valores de referências da Tabela 01, a qual está presente na norma NBR 10152 (ABNT, 2017), valores estes que devem ser garantidos desde a fase inicial do projeto. A norma estabelece valores de referência de RLA_{eq} (Nível de pressão sonora equivalente), RLA_{Smax} (Nível de pressão sonora máxima) e $RLNC$ (Nível representativo de um ambiente), para cada edificação de acordo com seu uso.

Tabela 01 – Valores referência NBR 10152

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RLA_{eq} (dB)	RLA_{Smax} (dB)	$RLNC$
Aeroportos, estações rodoviárias e ferroviárias			
Áreas de <i>check-in</i> , bilheterias	45	50	40
Salas de embarque e circulações	50	55	45
Centros comerciais (shopping centers)			
Circulações	50	55	45
Lojas	45	50	40
Praças de alimentação	50	55	45
Garagens	55	60	50
Clínicas e hospitais			
Berçários	35	40	30

Centros cirúrgicos	35	40	30
Consultórios	35	40	30
Enfermarias	40	45	35
Laboratórios	45	50	40
Quartos coletivos	40	45	35
Quartos individuais	35	40	30
Salas de espera	45	50	40
Culturais e lazer			
Salões de festa	40	45	35
Restaurantes	45	50	40
Cinemas	35	40	30
Salas de concertos	30	35	25
Teatros	30	35	25
Templos religiosos pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$)	40	45	35
Templos religiosos grandes ($> 600 \text{ m}^3$)	35	40	30
Bibliotecas	40	45	35
Museus (exposições)	40	45	35
Estúdios de gravação audiovisual	25	30	20
Educacionais			
Circulações	50	55	45
Berçário	40	45	35
Salas de aula	35	40	30
Salas de música	35	40	30
Escritórios			
Centrais de telefonia (call centers)	50	55	45
Circulações	50	55	45
Escritórios privativos (gerência, diretoria etc.)	40	45	35
Escritórios coletivos (open plan)	45	50	40
Recepções	45	50	40
Salas de espera	45	50	40
Salas de reunião	35	40	30
Salas de videoconferência	40	45	35
Esportes			
Ginásios de esportes e academias de ginástica	45	50	40
Hotéis			
Quartos individuais ou suítes	40	45	35
Salões de convenções	40	45	35
Áreas de serviço	50	55	45
Circulações	45	50	40
Residências			
Dormitórios	35	40	30
Salas de estar	40	45	35
Salas de cinema em casa (home theaters)	40	45	35
Outros			
Auditórios grandes ($> 600 \text{ m}^3$)	30	35	25
Auditórios pequenos ($\leq 600 \text{ m}^3$)	35	40	30
Cozinhas e lavanderias	50	55	45
Tribunais	40	45	35

(Fonte: adaptado de ABNT, 2017)

4.2 CONFORTO TÉRMICO

Quando em referência à conforto térmico, a NBR 16401-2: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários (ABNT, 2008) afirma que “A sensação de conforto térmico é essencialmente subjetiva. [...] não é possível determinar condições que possam proporcionar conforto para 100% das pessoas.”. Neste contexto, a norma define que os parâmetros estipulados para estudo são para ambientes onde 80% ou mais das pessoas presentes estão suscetíveis a expressar conforto térmico.

Entender o estudo das variáveis ambientais é fundamental para a execução de um bom projeto, cita Cornetet (2009). Segundo a autora, se basear no entendimento do clima, nas variáveis ambientais e nas características individuais, conforme a zona bioclimática específica de cada projeto, geram empreendimentos que buscam garantir o conforto térmico das edificações, incluindo aspectos como ventilação da cobertura e ventilação cruzada.

5 VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

5.1 ORIGEM DO VIDRO

A origem do vidro remota há milênios, sendo alguns dos primeiros registros de produção datados de cerca de 3500 a.C. na Mesopotâmia e Egito Antigo. O vidro é utilizado até hoje em inúmeras aplicações, desde esquadrias e embalagens até dispositivos eletrônicos e equipamentos médicos. Obtido pela fusão e resfriamento da sílica e outros componentes, como cálcio e magnésio, o vidro comum, também conhecido como recozido ou *float*, é classificado como “uma substância inorgânica, homogênea e amorfa” (CEBRACE, 2023) e possui uma aparência plana transparente, sendo incolor ou colorida e de espessura uniforme. Com um papel essencial na sociedade, o vidro é um material fundamental para o processo cultural da humanidade.

5.2 TIPOS DE VIDRO

Além da tradicional composição a base de sílica dos vidros comuns, existem também vidros especiais fabricados com outros elementos, “como temperado, laminado, insulado, blindado, autolimpante, conferindo-lhes propriedades únicas como equilibrar temperaturas, conforto acústico, segurança, camada autolimpante” (MANUAL DO VIDRO, 2022). Algumas dessas variedades de vidros especiais estão descritas a seguir.

5.2.1 Vidro temperado

Os vidros temperados são de 4 a 5 vezes mais resistentes do que o vidro float devido ao seu processo de fabricação, que consiste em um aquecimento e resfriamento brusco. Este vidro também é considerado de segurança segundo a NBR 14698 (ABNT, 2001), pois ao sofrer um impacto, ele quebra em pequenos fragmentos sem arestas cortantes, prevenindo maiores danos em caso de acidente ou eventual quebra do material (WESTPHAL, 2016).

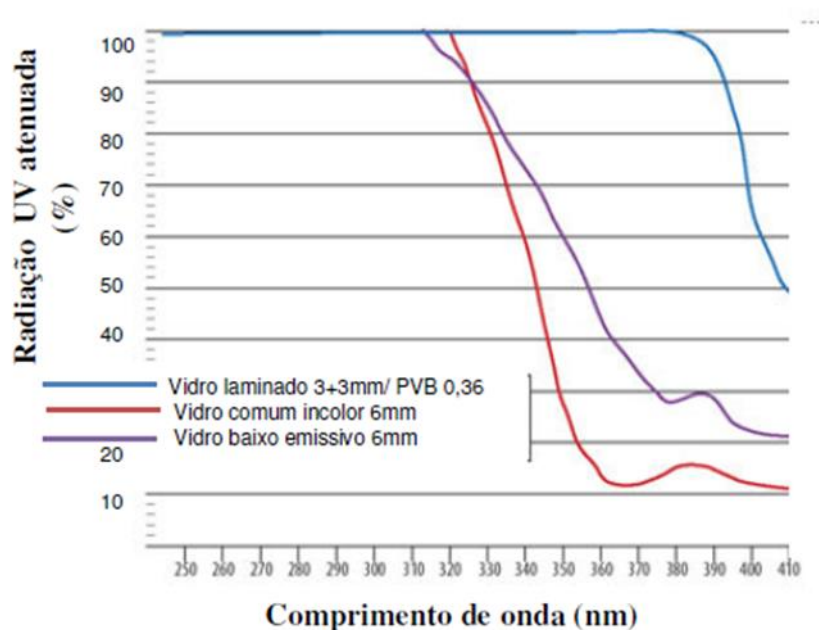
É comum o uso deste vidro em fechamento de vitrines e lojas. Em residências este vidro é bastante utilizado na execução de box de banheiros.

5.2.2 Vidro laminado

Os vidros laminados são compostos por duas ou mais lâminas de vidro float coladas por um ou até quatro filmes de material plástico (Poli Vinil Butiral, EVA ou resina). O vidro e as camadas intermediárias podem apresentar diversas opções de cores, revestimentos de controle solar e espessuras personalizadas, a fim de cumprir com os requisitos e regulamentações de normas de segurança estabelecidas (CORNETET, 2009).

Os vidros com a película PVB, são considerados de segurança, assegurado pela NBR 14697 (ABNT, 2001), pois ao sofrer um impacto, seus fragmentos tendem a aderir à camada do material plástico. Este material garante, também a filtragem de mais de 99% da radiação UV no comprimento de onda de até 380 nanômetros, conforme Figura 04, onde o vidro laminado com PVB é comparado com um comum incolor e um baixo emissivo¹. Na Figura 04, pode-se observar que a radiação UV é atenuada por um comprimento de onda muito mais alto no laminado com PVB do que as outras opções.

Figura 04 – Performance de vidros em relação aos raios UV



(Fonte: CORNETET, 2009)

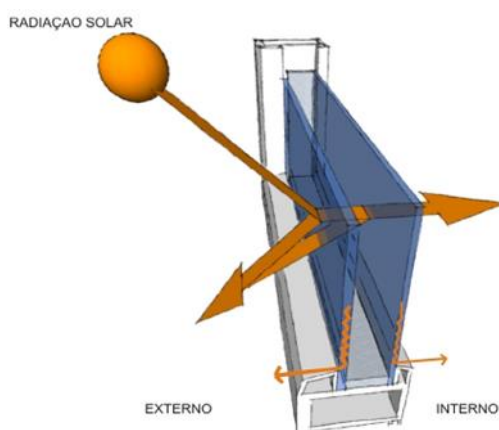
¹ Vidro baixo emissivo: impedem a transferência térmica entre dois ambientes (ABRAVIDRO, 2024)

O vidro laminado encontra uma ampla gama de aplicações, especialmente em fechamentos de espaços com dimensões elevadas. Suas utilizações abrangem guarda-corpos, envidraçamento de sacadas, portas, visores de aquários e piscinas.

5.2.3 Vidro duplo ou insulado

Segundo Cornetet (2009), os vidros insulados ou duplos, são confeccionados com duas ou mais lâminas de vidros float separadas por uma câmara de ar seco hermeticamente fechada e livre de umidade e vapor d'água, o que confere aos vidros duplos, ou insulados, um excelente desempenho em termos de isolamento térmico e acústico devido à sua capacidade de minimizar a transferência de calor e som entre o ambiente exterior e o interior, conforme a Figura 05.

Figura 05 – Vidro insulado



(Fonte: CORNETET, 2009)

Cornetet (2009) completa a definição mencionando que o conjunto é composto por uma dupla selagem, onde a primeira é para que não ocorra trocas gasosas e a segunda para que assegure a estabilidade do conjunto. Para suportar altas e baixas temperaturas, e resistir à exposição dos raios UV, o perímetro do vidro é envolto com silicone estrutural ou outros materiais semelhantes.

Esses vidros, como exemplo de uso, encontram ampla aplicação em estúdios devido à sua eficaz capacidade de isolamento acústico, tanto impedindo a passagem de ruídos do exterior para o interior, quanto do interior para o exterior. Além disso, essa característica confere ao vidro uma maior resistência a choques mecânicos, conforme descrito por Westphal (2016).

5.3 FACHADAS DE VIDRO

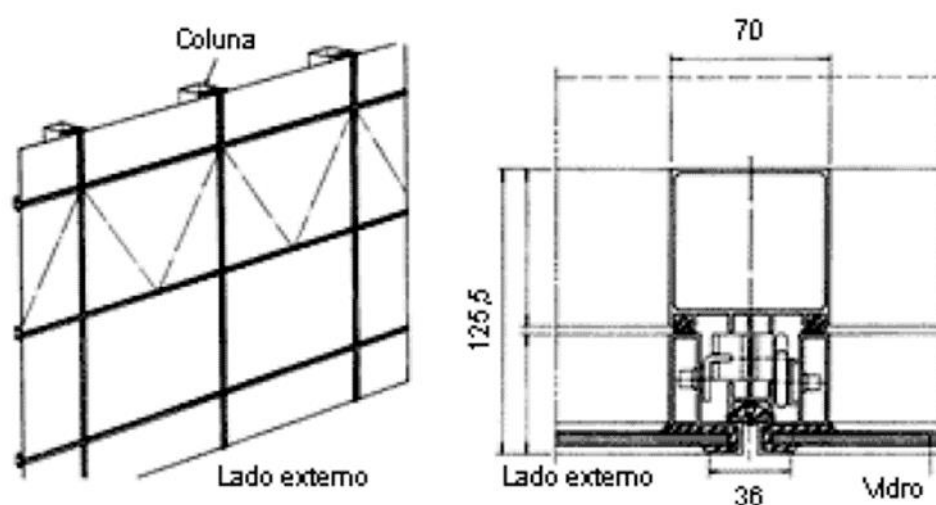
As aplicações do vidro na construção civil são diversas, sendo a principal em fechamentos de edifícios. Estes fechamentos são classificados devido às suas funções específicas e características técnicas. São exemplos destes fechamentos: Pele de vidro, *Structural Glazing* e Unitizada.

5.3.1 Pele de vidro

Criada no final dos anos 70, a pele de vidro surgiu com o desejo dos arquitetos de uma fachada livre, onde o vidro possui maior importância, perante os sistemas tradicionais que possuía o alumínio com mais destaque. Atualmente esta técnica foi substituída por novos sistemas.

A Pele de Vidro é um sistema constituído por quadros que são emoldurados no alumínio internamente permitindo a visibilidade da esquadria pelo lado externo, como representado na Figura 06. Com o objetivo de destaque do vidro na fachada, o sistema da pele de vidro consiste em colunas de sustentação instaladas nos vidros que são fixados mecanicamente por meio de perfis de alumínio (KHOURY, 2002). A fixação do conjunto composto pela folha de vidro e a estrutura metálica é realizada na face frontal, pelo lado externo do edifício, com o auxílio de andaimes e presilhas (ROSSO, 2007).

Figura 06 – Sistema pele de vidro

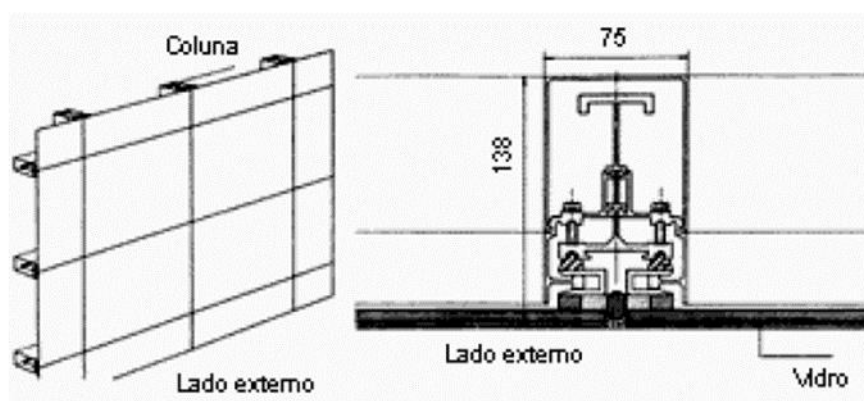


(Fonte: FINESTRA, 2005)

5.3.2 Structural Glazing

O *Structural Glazing* configura-se como um sistema de revestimento de fachada em vidro que viabiliza a ocultação da estrutura de alumínio por trás de painéis de vidro laminados, como representado na Figura 07. De acordo com Santos (2013), este sistema é reconhecido como "a evolução da pele de vidro", pois manteve a coluna internamente e modificou o método de fixação do vidro.

Figura 07 – Sistema *Structural Glazing*



(Fonte: FINESTRA, 2005)

Este conjunto consiste em um sistema de fixação onde o vidro é colado com silicone estrutural nos perfis dos quadros de alumínio do sistema de fachada, ficando a estrutura oculta, na face interna. O selante se torna elemento estrutural, aderindo aos suportes e transferindo à estrutura metálica as cargas aplicadas sobre a fachada. Também assegura estanqueidade, e sua elasticidade permite a dilatação e a contração do vidro, sem consequências negativas (VIESTI,2023).

5.3.3 Unitizada ou *Offset Wall*

Considerado o sistema que representou um marco no mercado pela Revista Vidro Impresso (2022), as fachadas Unitizadas ou *Offset Wall* tiveram sua primeira aplicação no Brasil em 2002 no Banco de Boston, localizado na Avenida Nações Unidas, em São Paulo. Na construção, a montagem modular de estruturas, composta por colunas, travessas e painéis de vidro, integrados em uma única célula, demonstrou eficácia na antecipação da montagem da estrutura, eliminando a necessidade de aguardar a conclusão dos trabalhos de acabamento na construção

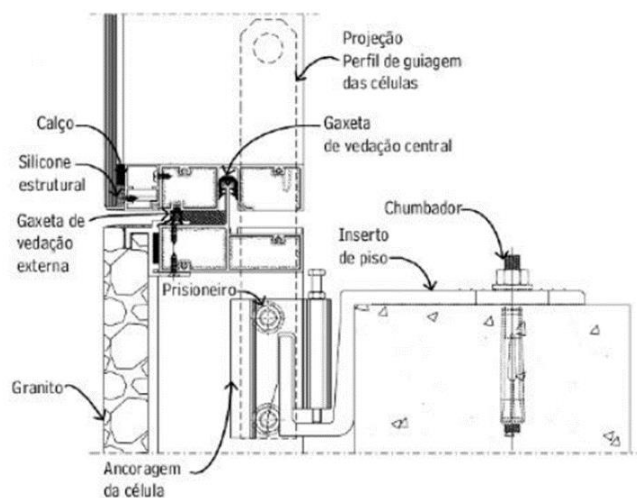
(Vidro Impresso, 2022). Esse processo, conforme discutido na revista, resultou em ganhos significativos de produtividade.

Sabioni (2016) reforça o ganho de produtividade que este sistema gera na construção de uma edificação. “A fachada unitizada é o mais atual sistema em termos de inovação. Sua montagem é feita pelo lado interno da edificação, com mais segurança e produtividade, além de liberar a sequência de obra, pois, por ser montada em sentido horizontal, libera a edificação por andares, possibilitando a execução de atividades que só podem ser realizadas com o andar estanque, por exemplo, como forros, pisos e elevados”. Sabioni (2016) ressalta também a importância de um projeto específico de montagem e instalação devido à complexidade do sistema: “(...) a logística de montagem e instalação é muito mais complexa e exige todo um procedimento específico para cada projeto com variações nos sistemas de transportes”.

A fachada unitizada é dividida em quadros, que consistem em elementos verticais denominados montantes, divididos em macho e fêmea, e travessas posicionadas horizontalmente (inferior, intermediária e superior). As travessas possuem olhais que permitem a fixação aos montantes. A união vertical entre os módulos é alcançada por meio de luvas de alinhamento, também conhecidas como barras de ligação ou içamento. Essas luvas são firmemente anexadas na parte interna dos montantes, que também incorporam ganchos para conectar-se a *inserts* ou ancoragens previamente instaladas na estrutura de concreto (LUDWING, 2014).

A conexão vertical entre os quadros é diretamente influenciada pelo desenho dos perfis das travessas inferior e superior de cada quadro. Quanto à união horizontal, esta ocorre através das seções macho e fêmea, que são pressionadas por gaxetas de borracha de EPDM, como representado na Figura 08 (LUDWING, 2014).

Figura 08 – Encaixe macho e fêmea dos painéis unitizados



(Fonte: SILVA, 2012)

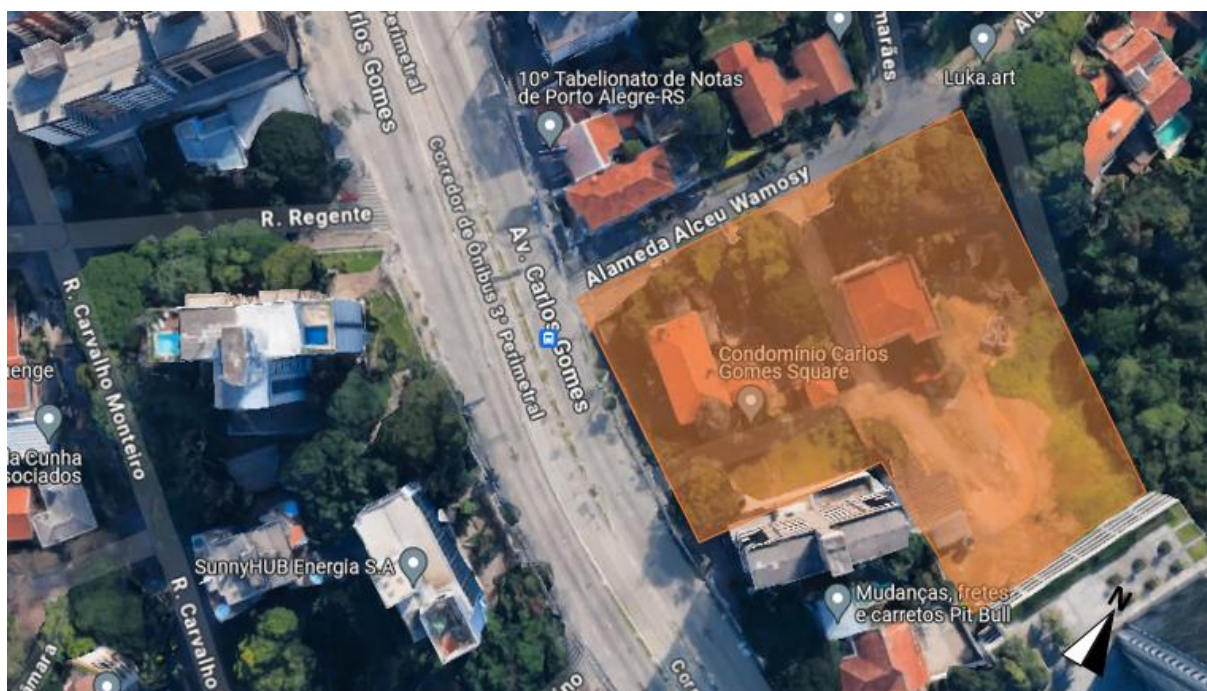
A instalação do sistema unitizado, quando realizada fora do vão, é executada com o auxílio de uma monovia (mini-guindaste), que eleva o painel a partir do lado externo. Nesse cenário, os instaladores se posicionam dentro da estrutura de concreto, fornecendo assistência apenas para a fixação sobre o módulo inferior (CORSINI, 2013).

6 ESTUDO DE CASO

6.1 EMPREENDIMENTO EM PORTO ALEGRE-RS

O empreendimento analisado se encontra na região norte de Porto Alegre – RS em uma de suas principais avenidas, a Carlos Gomes (Figura 09). Com um terreno de 11.852,78 m² e uma área construída de 57.862,89 m², ele contará com duas torres comerciais, uma residencial e três subsolos de estacionamento. Para este estudo de caso, serão avaliados apenas as duas torres comerciais.

Figura 09 – Localização empreendimento



(Fonte: Google Maps, adaptada pela autora, 2024)

As torres Comerciais são denominadas em Torre A e Torre B. A Torre A é composta por 18 pavimentos, sendo tipo do 5º ao 11º e do 16º ao 17º pavimento e conta com 59 salas de 161m². A Torre B, por sua vez, é formada 15 pavimentos, sendo tipo o 4º pavimento e do 9º ao 14º e conta com 48 salas de 161m². Juntas, as torres corporativas totalizam 107 unidades comerciais.

As duas torres possuem áreas comuns, como hall transbordo e acesso, sala de instalações, administração, vestiário masculino e feminino, depósito de lixo, depósito de materiais/limpeza, sala de encomendas, QGBT, subestação, guarita, copa para funcionários, vestiários para

funcionários, controle de funcionários, geradores, reservatórios inferiores e superiores, *lobby* corporativo, auditório, copa.

6.2 EMPREENDIMENTO E A CERTIFICAÇÃO LEED

O empreendimento iniciou em agosto de 2020 com a ação de dois investidores que tinham como objetivo transformar este complexo em um local rentável economicamente e ao mesmo tempo sustentável. Para alcançar estes dois objetivos, o caminho mais certo era obter uma certificação ambiental.

De início, optou-se pela Certificação AQUA que começou suas auditorias mensais na obra em meados de 2021. Nestas auditorias, eram analisados o impacto que a obra iria causar ambientalmente durante sua execução e, após cada visita, eram gerados relatórios fotográficos com os pontos que ainda precisavam de ajuste. A obra por sua vez, analisava estes relatórios e antes da próxima visita, enviava ao auditor um novo relatório com estes pontos ajustados. Mensalmente controlava-se os ruídos que a obra causava em certos horários com o uso de decibelímetro, treinava equipe de canteiro sobre a importância da certificação, controlava a emissão de fumaças dos maquinários que acessavam a obra através da Escala Ringelmann ² entre outras atividades exigidas pela certificação.

No final de 2021, os investidores entenderam que a Certificação AQUA não tinha todo o alcance mundial e requisitos que eles almejavam, por isso trocou-se para a certificação LEED. Diferente da AQUA, a LEED analisava o empreendimento desde os projetos até o período de utilização com o cliente. Com isso, mudanças de projeto e conceito do complexo foram necessárias para se obter a melhor pontuação da certificação, a Platinum.

Com esse objetivo, os projetos do empreendimento foram alterados, na intenção principal de maior aproveitamento energético e sustentável, sendo revisados principalmente os de Climatização, Hidráulico e de Esquadrias. No projeto de climatização, pensou-se em um sistema que abastecesse todas as salas das torres por expansão direta, onde o fluido refrigerante percorre diretamente do compressor para os evaporadores, ajudando a esfriar o ar utilizando equipamentos de um sistema central. A principal alteração dos projetos hidráulicos foi a

² Escala Ringelmann: escala gráfica utilizada na avaliação calorimétrica da densidade de fumaça. (FIEPR, 2024)

inserção de um reservatório de reuso na Torre B. Além disso, toda água pluvial captada nas coberturas das torres será aproveitada para o sistema de irrigação do empreendimento.

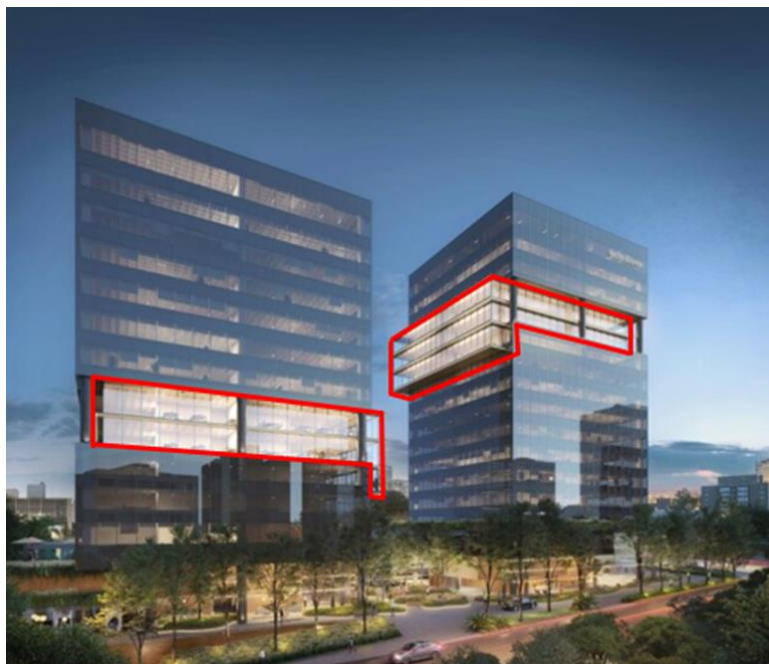
A alteração de projeto que mais causou impacto de prazo, custo e conceito de produto foi o da fachada de vidro das duas torres. Esta alteração aconteceu, pois constatou-se que os vidros, que estavam previstos desde a fase de pré-execução do empreendimento, não atendiam os requisitos da certificação LEED. Com isso, diversas análises e reuniões foram feitas a fim de se obter a melhor opção que atendesse a certificação e o custo e o prazo da obra.

6.3 OPÇÕES VIDROS

Com a certificação LEED já operando no empreendimento, algumas mudanças precisaram acontecer para que todas as premissas fossem atendidas, sendo uma delas, a opção de vidro das fachadas das torres. Durante três meses eram realizadas reuniões semanais entre incorporadora, empresa representante LEED do Brasil e investidores para debates e tomadas de decisões das opções de vidros do empreendimento. A incorporadora também contava com a presença de um consultor terceirizado especializado em esquadrias e vidros nestas reuniões.

Durante os debates, uma das questões levantadas era dos avanços que o empreendimento possuía em três pavimentos de cada torre. Na torre A este avanço é localizado no 12º ao 14º pavimento e o na Torre B do 5º ao 7º pavimento, conforme Figura 10. Para trazer um destaque arquitetônico para estes pavimentos em recuo, optou-se por usar um vidro que se diferencie dos demais. Com isso, na escolha dos vidros, cada opção analisada trouxe dois modelos, o que abrange toda a torre e o que abrange apenas o avanço.

Figura 10 - Avanços da Torre A à direita e Torre B à esquerda



(Fonte: Adaptada pela autora do arquivo da construtora)

Considerou-se também a viabilidade de transporte deste material para a região do empreendimento. Assim, foram analisadas todas as opções de um mesmo fornecedor de vidros de Porto Real – RJ e Tatuí – SP e que envia até Porto Alegre – RS em um prazo de 60 dias, prazo que atenderia as demandas da obra.

Com isso, levantou-se 11 opções de vidros que foram consideradas tanto para pavimentos tipos, quanto para avanço das fachadas. Estas opções estão listadas na Tabela 02, junto com a nomenclatura de cada vidro que será utilizada neste estudo, seu tipo, se possui ou não PVB e a sua aparência.

Tabela 02 – Descrição e nomenclatura vidros

OPÇÕES VIDROS	NOMENCLATURA	TIPO DE VIDRO	APARÊNCIA
AG43 INCOLOR	Vidro 1	Vidro duplo revestido de prata	Incolor
AG43 ON CLEAR PVB	Vidro 2	Vidro duplo revestido de prata	Incolor
AG43 SMOKEY	Vidro 3	Vidro duplo revestido de prata	Cinza
NEUTRAL 70 INCOLOR	Vidro 4	Vidro duplo revestido de prata	Neutro
NEUTRAL 70 PVB SOLAR	Vidro 5	Vidro duplo revestido de prata	Neutro
NEUTRAL 70 SOLAR	Vidro 6	Vidro duplo revestido de prata	Neutro
NEUTRAL PLUS 50 INCOLOR	Vidro 7	Vidro com revestimento de prata	Incolor
NEUTRAL PLUS 50 INSULADO MONOLITICO	Vidro 8	Vidro com revestimento de prata	Neutro
NEUTRAL PLUS 50 PVB SOLAR	Vidro 9	Vidro com revestimento de prata	Prata
NEUTRAL PLUS 50 SOLAR	Vidro 10	Vidro com revestimento de prata	Prata
SUN LIGHT	Vidro 11	Vidro revestido durável	Neutro

(Fonte: adaptado de GUARDIAN GLASS, 2024)

6.4 COMPARAÇÃO VIDROS

Com as opções levantadas, foram avaliadas cada uma seguindo os parâmetros da Certificação LEED, com o objetivo de melhor eficiência, conforto e sustentabilidade. Assim, as opções foram analisadas e comparadas seguindo os critérios SHGC, VLT, OpEx HVAC, R_w e LAeq, metodologia utilizada em outras edificações LEED.

O SHGC, *Solar Heat Gain Coefficient*, é uma medida que representa o fator solar na edificação, quantificando a quantidade de calor solar que um elemento permite que entre em um espaço. Este coeficiente varia de 0 a 1, onde valores mais baixos indicam uma menor transmissão de calor solar, o que é desejável em climas quentes, enquanto valores mais altos indicam uma maior transmissão de calor solar, sendo mais adequados para climas frios. O SHGC é importante na eficiência energética de edificações, pois afeta diretamente a carga térmica e os requisitos de resfriamento.

O VLT, *Visible Light Transmittance*, é uma medida expressa em porcentagem que avalia a quantidade de luz visível que atravessa um material. Para este elemento, quanto maior o valor de VLT, mais luz visível o vidro permitirá passar. A empresa representante da certificação LEED no Brasil estabelece que o valor mínimo a ser considerado para esse empreendimento devido a sua posição solar é de 32%.

O cálculo do VLT mínimo de um empreendimento é baseado no valor de SDA e ASE, respectivamente, Autonomia Espacial de Luz Natural e Exposição à Luz Solar. O primeiro é a fração de área com iluminação mínima de 300 lux por pelo menos 50% do horário de operação

anual. A certificação estabelece três valores como base para este parâmetro, sendo cada um com um valendo um peso específico que será contado no check list final para classificação do empreendimento pela LEED (Figura 02): 40% vale um ponto, 55% dois pontos e 75% pontos. Para este estudo, considerou-se o valor mínimo de SDA de 55% para o pavimento tipo (pior cenário, pois possui menor área de vidro). O ASE, é a fração de área com iluminação direta excessiva (acima de 1000 lux) por mais de 250 horas no ano. Para certificação, o valor de referência deve ficar entre 0 – 20%. Este parâmetro não foi considerado na escolha dos vidros, pois ele só é atendido a partir da utilização de sombreamentos (interno ou externos).

Foram realizados 6 testes para definir o valor mínimo de VLT seguindo a premissa do SDA da posição solar na torre A (torre que possui mais influência do sol devido a sua posição ser em uma esquina, não tendo muitos edifícios ao redor que façam sombra). Para chegar no valor final de 32% de VLT, considerou-se o teste que chegou mais próximo dos 55% de SDA e diminuiu-se da área de atendimento do empreendimento, resultando no valor base de VLT para este estudo.

O OpEx HVAC (*Operational Expenditure Heating, Ventilating and Air Conditioning*) caracteriza o custo de operação por ano dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado do edifício, visando a otimização das despesas e garantindo conformidade com as normas aplicáveis.

O Índice de Redução Sonora (Rw) é um valor empregado para categorizar o desempenho de isolamento acústico de um determinado material, neste caso, o sistema de fachada. Quanto maior o valor de Rw, mais eficaz é o material em bloquear ou reduzir a passagem do som.

O termo "LAEQ" (em inglês, *Equivalent Continuous Sound Level*) refere-se ao nível equivalente de pressão sonora contínuo, expresso em decibéis (dB). Esta medida é utilizada para avaliar o nível médio de pressão sonora ao longo de um período de tempo específico. Diferentemente de uma simples medição pontual do nível de pressão sonora em um momento específico, o LAEQ considera uma janela de tempo mais extensa, proporcionando uma média ponderada das variações ao longo desse intervalo. Essa abordagem é valiosa para caracterizar, de maneira mais precisa, o nível de ruído em situações nas quais há flutuações ao longo do tempo, como em áreas urbanas ou industriais. Neste caso, quanto menor o número, maior o isolamento acústico da fachada (máx. 50 dB pela NBR 10152 (ABNT, 2017)).

Além das análises técnicas realizadas em cada tipo de vidro, comparou-se também o impacto que a fabricação e instalação destes vidros causaria no prazo da obra, custo do material e os custos indiretos (locação de equipamentos da obra, pessoal permanente e consumos da obra). O estudo comparativo é feito da premissa do projeto inicial do empreendimento, com o prazo de finalização da obra em 31/08/23, no custo total de material para as fachadas de R\$ 3.707.868,33 e o custo indireto o impacto financeiro que o atraso na fabricação e/ou execução da fachada ocasiona no empreendimento.

Os custos indiretos analisados neste estudo são o de locação de equipamento de obra, pessoal permanente e consumos da obra. O primeiro custo indireto é referente a locação de equipamentos, como grua que possui um aluguel de R\$ 32.290,00 por mês e elevadores cremalheiras de R\$ 7.100,00 por mês em cada torre. A despesa com pessoal permanente na obra é de R\$113.236,94 por mês. O último custo é em relação aos consumos de água, luz, segurança e telefone que totaliza R\$ 5.738,50. Dados obtidos conforme média de gastos mensais que a obra possui.

Como abordado anteriormente, as torres do empreendimento possuem pavimentos em avanço. Esses avanços serão nominados como “CAIXA” e receberam um vidro diferente dos pavimentos tipos da torre por conceito arquitetônico, mas que também será analisado em questão de desempenho, custo e prazo.

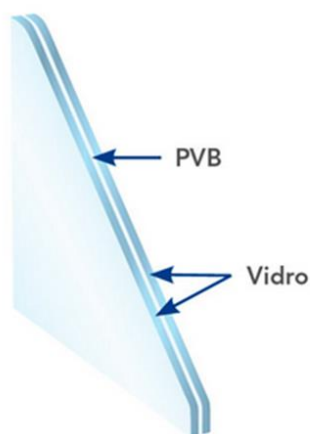
As alternativas analisadas foram categorizadas em cinco grupos e avaliadas na tabela presente no Anexo A, com base nos critérios LEED mencionados anteriormente (dados fornecidos pelo fabricante de vidros). Juntamente com estas informações, a análise levou também em consideração o prazo final de entrega da obra, o custo unitário do vidro, o custo total e os custos indiretos. As categorias avaliadas:

- categoria 1: projeto inicial do empreendimento, antes de ele entrar em processo de obtenção da certificação LEED;
- categoria 2: opção levantada pela incorporadora responsável pela execução da obra;
- categoria 3: opções sugeridas pela empresa responsável pela certificação LEED no empreendimento;

- categoria 4: combinação das opções sugeridas pela empresa responsável pela certificação LEED;
- categoria 5: sugestões dos investidores.

Antes do empreendimento optar por uma certificação ambiental, eram previstas no projeto inicial duas opções de vidro nas fachadas. Nos pavimentos tipos, o vidro escolhido era o Vidro 2, laminado e com espessura de 6mm cada um, modelo representado na Figura 11. Esta opção possuía um SHGC de 35%, VLT de 39%, OpEx HVAC de R\$ 17.708,40 por ano, RW de 35 dB e Laeq 42 dB, valores que atendiam as exigências da certificação LEED. Com um valor unitário de R\$ 314,26/m², este foi usado como parâmetro de estudo para as outras opções. Para a caixa, optou-se pelo Vidro 11, que era laminado e de mesma espessura que o do tipo. Ele possuía valores de SHGC e VLT muito elevados, representando maior passagem de calor e luz, o que ocasionaria em um uso alto de ar-condicionado, aumentando o custo de operação em sistema de climatização (OpEx HVAC) de R\$ 37.987,50 por ano.

Figura 11 – Vidro laminado



(Fonte: Glassec Viracon, 2024)

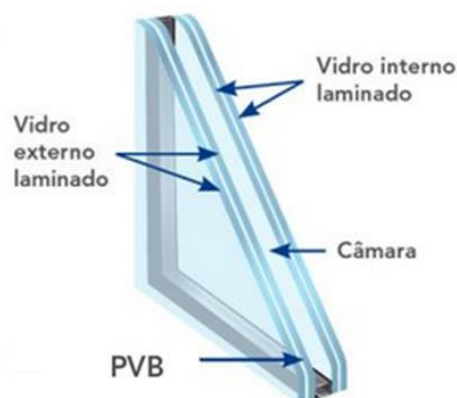
Com a certificação já presente no empreendimento, a incorporadora, juntamente com seu consultor terceirizado especializado em esquadrias, optou por manter o Vidro 2 laminado de espessura 6mm em cada vidro no tipo, justamente por atender os parâmetros exigidos e por manter o custo previsto do início. Para caixa, a escolha foi o Vidro 09, também laminado e de espessura 6mm cada. Esta escolha atendeu os parâmetros LEED e resultou em

aproximadamente um mês de atraso no prazo de entrega do empreendimento e um aumento de 16% no custo total previsto. Alterações que impactam no custo e prazo, mas não são significativas, podendo ser controladas pela incorporação.

A categoria 3, representa as três opções que a empresa responsável pela certificação LEED sugeriu para contemplar as torres. Estas opções são: Vidro 3 no tipo e Vidro 5 na caixa, Vidro 9 no tipo e na caixa, e Vidro 3 no tipo e Vidro 9 na caixa. Todas elas possuem as mesmas características físicas, laminado e com espessuras de 6mm cada, variando apenas o SHGC, VLT, OpEx HVAC e custo unitário. Elas também afetariam o prazo final, atrasando a obra em aproximadamente, um mês, causando uma alteração significativa no valor total do vidro e gerando custos indiretos.

Na categoria 4, foram analisadas combinações de vidros mudando a estrutura considerada anteriormente. Esta nova configuração, consiste em um vidro laminado externo de 12mm, uma câmara de ar interna de 12mm e vidro laminado interno de espessura 8mm representado na figura 12, ou seja, uma associação de vidro laminado e insulado. Com esta mudança, os parâmetros de cada vidro sofreram alteração também, como por exemplo o Vidro 3, já citado anteriormente, que antes atendia o VLT mínimo de 32%, agora apresenta um valor de 30,3% de quantidade de luz visível, não atendendo critério da LEED para este empreendimento, assim inviabilizando a combinação 1 e 3. Além disto, as combinações gerariam alteração no prazo de entrega da obra, atrasando em quase quatro meses, conseqüentemente gerando elevado custo indireto, e impactando consideravelmente no custo total do material.

Figura 12 – Vidro insulado



(Fonte: Glassec Viracon, 2024)

A última categoria representa as sugestões levadas pelos investidores do empreendimento em que eles apresentam o sistema insulado composto por camada de ar de 12mm e vidro interno e externo laminado de 6mm na primeira camada e 4mm na segunda, conforme representado na Figura 11. Estas opções atendem os parâmetros da certificação, porém atrasam a obra em 5 meses e gera custos indiretos de elevados. Vale ressaltar que para eles, não haveria necessidade de o empreendimento contar com dois vidros diferentes nas torres, assim, o vidro escolhido no tipo é o mesmo da caixa.

6.5 SELEÇÃO DA OPÇÃO MAIS ADEQUADA

Considerando as opções apresentadas e o objetivo principal do empreendimento que consiste na conquista da certificação ambiental, a prioridade na escolha recaiu na obtenção da certificação LEED, priorizando-a em detrimento do atendimento aos prazos e custos. Considerando essa premissa, exclui-se as combinações 1 e 3 da categoria 4, pois elas não atendem ao parâmetro *Visible Light Transmittance* (VLT) mínimo exigido para esse empreendimento (32%), como sinalizado da Tabela 03.

Tabela 03 – Combinações 1 e 3 da categoria 4

CLASSIFICAÇÃO		ESPESSURA	DESEMPENHO					PRAZO	CUSTO		
CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA (mm)	SHGC (%)	VLT (%)	OpEx HVAC (ano)	RW (dB)	Laeq (dB)	PRAZO Entrega da obra	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos	
Combinação 1	VIDRO 3 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	24,5	35	R\$ 17.214,90	43	11/12/2023	R\$ 1007,00/m²	R\$ 10.270.342,65	R\$ 661.861,76
	VIDRO 6 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	52,8	35	R\$ 18.419,56	43		R\$ 1106,00/m²	R\$ 1.765.198,12	
Combinação 2	VIDRO 10 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	22,5	35	R\$ 14.705,04	43		R\$ 1097,00/m²	R\$ 1.188.248,15	
	VIDRO 10 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	22,5	35	R\$ 17.164,75	43		R\$ 1097,00/m²	R\$ 1.750.833,94	
Combinação 3	VIDRO 3 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	24,5	35	R\$ 17.214,90	43		R\$ 1007,00/m²	R\$ 10.270.342,65	
	VIDRO 10 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	22,5	35	R\$ 17.164,75	43		R\$ 1097,00/m²	R\$ 1.750.833,94	
Combinação 4	VIDRO 1 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	27	35	R\$ 15.003,81	43		R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	
	VIDRO 4 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	52,8	67	R\$ 20.809,39	43		R\$ 874,00/m²	R\$ 1.394.921,48	
Combinação 5	VIDRO 7 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	34,6	48	R\$ 15.321,44	43		R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	
	VIDRO 7 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	34,6	48	R\$ 17.835,41	43		R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	
Combinação 6	VIDRO 1 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	27	35	R\$ 15.003,81	43		R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	
	VIDRO 7 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	34,6	48	R\$ 17.835,41	43		R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	
CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA (mm)	SHGC (%)	VLT (%)	OpEx HVAC (ano)	RW (dB)	Laeq (dB)	PRAZO Entrega da obra	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos	
Investidores Opção 1	VIDRO 7 + VIDRO 7 - TIPO	Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	34,6	48	R\$ 15.321,44	43	25/01/2024	R\$ 835,00/m²	R\$ 8.516.123,25	R\$ 827.327,20
	VIDRO 7 + VIDRO 7 - CAIXA	Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	34,6	48	R\$ 17.835,41	43		R\$ 835,00/m²	R\$ 1.332.676,70	
Investidores Opção 2	VIDRO 2 + VIDRO 2 - TIPO	Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	29,8	40	R\$ 15.003,81	41	25/01/2024	R\$ 720,09/m²	R\$ 7.344.161,31	R\$ 827.327,20
	VIDRO 2 + VIDRO 2 - CAIXA	Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	29,8	40	R\$ 17.500,99	41		R\$ 720,09/m²	R\$ 1.143.278,04	

(Fonte: Elaborada pela autora, 2024)

Pensando na melhor eficiência e segurança da fachada Unitizada do empreendimento, a combinação de um vidro insulado e laminado traria melhor conforto acústico e térmico para as salas comerciais das torres. Com isso, excluiu-se as categorias 1, 2 e 3 como sinalizado na Tabela 04.

Tabela 04 – Categorias 1, 2 e 3

		CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA	DESEMPENHO				PRAZO	CUSTO				
		CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA (mm)	SHGC (%)	VLT (%)	OpEx HVAC (ano)	RW (dB)	Laeq (dB)	PRAZO Entrega da obra	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos	
Projeto Inicial	VIDRO 2 - TIPO	Laminado	6-6	35	39	R\$ 17.708,40	35	41,9	31/08/2023	R\$ 314,26/m²	R\$ 3.205.122,03	-	
	VIDRO 11 - CAIXA	Laminado	6-6	43,4	57,1	R\$ 37.987,50	37	38,2		R\$ 315,00/m²	R\$ 502.746,30	-	
Incorporadora	VIDRO 2 - TIPO	Laminado	6-6	35	39	R\$ 17.708,40	32	41,9	27/09/2023	R\$ 314,26/m²	R\$ 3.205.122,03	-	
	VIDRO 3 - CAIXA	Laminado	6-6	30,5	39,5	R\$ 19.706,25	32	41,9		R\$ 576,20/m²	R\$ 919.626,72	R\$ 165.465,44	
Empresa LEED	VIDRO 3 - TIPO	Laminado	6-6	32,4	33,8	R\$ 17.214,90	32	41,9	27/09/2023	R\$ 491,00/m²	R\$ 5.007.684,45	-	
	Opção 1	VIDRO 5 - CAIXA	Laminado	6-6	30,5	39,5	R\$ 17.003,40	32		41,9	R\$ 597,00/m²	R\$ 952.823,94	R\$ 165.465,44
	Opção 2	VIDRO 3 - TIPO	Laminado	6-6	30,5	39,5	R\$ 17.003,40	32		41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 5.876.634,99	R\$ 165.465,44
	Opção 3	VIDRO 3 - TIPO	Laminado	6-6	30,5	39,5	R\$ 19.706,25	32		41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 919.626,72	R\$ 165.465,44
	Opção 4	VIDRO 3 - TIPO	Laminado	6-6	32,4	33,8	R\$ 17.214,90	32		41,9	R\$ 491,00/m²	R\$ 5.007.684,45	-
	Opção 5	VIDRO 3 - CAIXA	Laminado	6-6	30,5	39,5	R\$ 19.706,25	32		41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 919.626,72	R\$ 165.465,44

(Fonte: Elaborada pela autora, 2024)

Avaliando o parâmetro *Solar Heat Gain Coefficient*, tem-se que levar em consideração a temperatura média anual da região de Porto Alegre – RS. Com média de 24°C no verão e 17°C no inverno, para esta região pode ser considerado que os melhores valores para SHGC são os mais altos, ideais para climas mais frios. Assim, podemos excluir a combinação 4 da categoria 4, pois aponta um elevado valor do parâmetro no vidro da caixa, representado na Tabela 05.

Tabela 05 – Categoria 4

		CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA	DESEMPENHO				PRAZO	CUSTO				
		CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA (mm)	SHGC (%)	VLT (%)	OpEx HVAC (ano)	RW (dB)	Laeq (dB)	PRAZO Entrega da obra	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos	
Combinação 1	VIDRO 3 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	24,5	30	R\$ 17.214,90	43	34,7	11/12/2023	R\$ 1007,00/m²	R\$ 10.270.342,65	-	
	VIDRO 6 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	52,8	67	R\$ 18.419,56	43	34,7		R\$ 1106,00/m²	R\$ 1.765.198,12	R\$ 661.861,76	
Combinação 2	VIDRO 10 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	22,5	35	R\$ 14.705,04	43	34,7		R\$ 1097,00/m²	R\$ 1.188.248,15	-	
	VIDRO 10 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	22,5	35	R\$ 17.164,75	43	34,7		R\$ 1097,00/m²	R\$ 1.750.833,94	R\$ 661.861,76	
Combinação 3	VIDRO 3 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	24,5	30	R\$ 17.214,90	43	34,7		R\$ 1007,00/m²	R\$ 10.270.342,65	-	
	VIDRO 10 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	22,5	35	R\$ 17.164,75	43	34,7		R\$ 1097,00/m²	R\$ 1.750.833,94	R\$ 661.861,76	
Combinação 4	VIDRO 1 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	27	35	R\$ 15.003,81	43	34,7		R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	-	
	VIDRO 4 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	52,8	67	R\$ 20.399,39	43	34,7		R\$ 874,00/m²	R\$ 1.394.921,48	R\$ 661.861,76	
Combinação 5	VIDRO 7 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	34,6	48	R\$ 15.321,44	43	34,7		R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	-	
	VIDRO 1 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	34,6	48	R\$ 17.835,41	43	34,7		R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76	
Combinação 6	VIDRO 1 - TIPO	Laminado + Insulado	12+12+8	27	35	R\$ 15.003,81	43	34,7		R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	-	
	VIDRO 7 - CAIXA	Laminado + Insulado	12+12+8	34,6	48	R\$ 17.835,41	43	34,7		R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76	
Investidores	Opção 1	VIDRO 7 + VIDRO 7 - TIPO VIDRO 7 + VIDRO 7 - CAIXA	Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	34,6	48	R\$ 15.321,44	43	34,7	25/01/2024	R\$ 835,00/m²	R\$ 8.516.123,25	-
			Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	34,6	48	R\$ 17.835,41	43	34,7		R\$ 835,00/m²	R\$ 1.332.676,70	R\$ 827.327,20
	Opção 2	VIDRO 2 + VIDRO 2 - TIPO VIDRO 2 + VIDRO 2 - CAIXA	Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	29,8	40	R\$ 15.003,81	41	36,2		R\$ 720,09/m²	R\$ 7.344.161,91	-
			Laminado + Insulado	6+4+12+6+4	29,8	40	R\$ 17.500,39	41	36,2		R\$ 720,09/m²	R\$ 1.143.278,04	R\$ 827.327,20

(Fonte: Elaborada pela autora, 2024)

Analisando as opções restantes, na categoria 4 temos as combinações 2, 5 e 6 e na categoria 5 temos as duas opções presentes, nota-se que os parâmetros LEED, que estão sendo atendidos de forma eficiente, são muito parecidos entre elas. Daqui por diante, foi avaliado o custo total e custo indireto que estas opções gerariam.

Ao somar o custo total dos vidros do tipo e da caixa, juntamente com os custos indiretos totais, são obtidos os valores na coluna "Custo Total" da Tabela 06. Neste contexto, destaca-se que a escolha da Opção 2 na categoria 5 é a mais propícia, visto que apresenta um custo mais reduzido, configurando-se como a opção ideal para o desenvolvimento do empreendimento, como evidenciado pela análise realizada.

Tabela 06 – Custo total categorias restantes

		CLASSIFICAÇÃO	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos	CUSTO Total
Combinção 2	VIDRO 10 - TIPO	Laminado + Insulado	R\$ 1097,00/m ²	R\$ 11.188.248,15	R\$ 661.861,76	R\$ 13.600.943,85
	VIDRO 10 - CAIXA		R\$ 1097,00/m ²	R\$ 1.750.833,94		
Combinção 5	VIDRO 7 - TIPO	Laminado + Insulado	R\$ 865,00/m ²	R\$ 8.822.091,75	R\$ 661.861,76	R\$ 10.864.510,81
	VIDRO 7 - CAIXA		R\$ 865,00/m ²	R\$ 1.380.557,30		
Combinção 6	VIDRO 1 - TIPO	Laminado + Insulado	R\$ 865,00/m ²	R\$ 8.822.091,75	R\$ 661.861,76	R\$ 10.864.510,81
	VIDRO 7 - CAIXA		R\$ 865,00/m ²	R\$ 1.380.557,30		
		CLASSIFICAÇÃO	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos	CUSTO Total
Investidores Opção 1	VIDRO 7 + VIDRO 7 - TIPO	Laminado + Insulado	R\$ 835,00/m ²	R\$ 8.516.123,25	R\$ 827.327,20	R\$ 10.676.127,15
	VIDRO 7 + VIDRO 7 - CAIXA		R\$ 835,00/m ²	R\$ 1.332.676,70		
Investidores Opção 2	VIDRO 2 + VIDRO 2 - TIPO	Laminado + Insulado	R\$ 720,09/m ²	R\$ 7.344.161,91	R\$ 827.327,20	R\$ 9.320.767,15
	VIDRO 2 + VIDRO 2 - CAIXA		R\$ 720,09/m ²	R\$ 1.149.278,04		

(Fonte: Elaborada pela autora, 2024)

Com isso, conclui-se que a opção que atende os parâmetros da Certificação LEED e que possui um menor custo é o vidro 2 que apresenta o sistema insulado composto por camada de ar de 12mm e vidro interno e externo laminado de 6mm na primeira camada e 4mm na segunda, um custo unitário de R\$ 720,09/m². Essa alternativa, embora acarrete um atraso de 5 meses na entrega do empreendimento, resulta em um custo total de R\$ 9.320.767,15. Esse valor representa uma redução significativa em comparação com as opções apresentadas na Tabela 03, sendo um fator relevante para a incorporadora.

Vale ressaltar que caso não tivesse a opção de certificação LEED no empreendimento, a preocupação de conforto não teria sido levada em consideração, ou seja, a incorporadora não teria feito essa análise e tomada essa decisão, mantendo a opção de projeto para a fachada de vidro. Com tudo, a escolha de se ter uma certificação ambiental no empreendimento trouxe ganhos para a edificação, como a otimização do desempenho ambiental, a promoção da eficiência energética e a redução do impacto ambiental.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo possibilitou atender os objetivos propostos, que consistiam em avaliar a melhor escolha de vidro para a fachada de duas torres comerciais, considerando a conformidade com a certificação LEED. Além disso, o estudo buscou compreender a metodologia da certificação e analisar as opções de vidros disponíveis no mercado.

Após o desenvolvimento deste trabalho, foi possível observar que a busca por certificações ambientais, como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), reflete a crescente conscientização sobre a importância de construções sustentáveis. Garantir que ambientes construídos atendam não apenas aos padrões de eficiência energética, mas também às necessidades de isolamento acústico e conforto térmico, reflete um compromisso holístico com práticas construtivas que promovam a saúde e a satisfação dos usuários, alinhando-se assim aos princípios fundamentais da construção sustentável.

Concluiu-se também, que em empreendimentos com a certificação, é possível uma abordagem estratégica que não apenas atenda aos parâmetros exigidos, mas também se preocupe com a redução de custos. A implementação de tecnologias e práticas sustentáveis não só contribui para a preservação ambiental, mas também otimiza processos, promove a eficiência operacional e, conseqüentemente, impacta positivamente nos custos associados ao empreendimento, aspectos cruciais na gestão sustentável de projetos imobiliários.

Dessa forma, essa abordagem integrada visa criar espaços habitáveis que não só reduzem o impacto ambiental, mas também estabelecem condições propícias para uma convivência equilibrada e gratificante.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT.NBR 14698**: Vidros Temperado. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT.NBR 16401: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT.NBR 10152: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

CEBRACE. **Manual do Vidro Laminado**. Catálogo técnico. São Paulo, Cebrace, sd.

CORSINI, R. **Módulos Rápidos: Sistemas de fachadas unitizadas com caixilhos pré-fabricados favorece alta produtividade em obra de edifícios comerciais e corporativos**. Revista Técnica, São Paulo, ano 21, edição 191. Fev. de 2013.

CORNETET, M. C. **Recomendações para especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre - RS**. 2009. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

FIEPR, **Escala de Ringelmann**. Disponível em: <<https://www.fiepr.org.br/sindicatos/sindirepatoledo/escala-de-ringelmann-1-11560-301452.shtml>>. Acesso em 28 jan. 2024

GBC, Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacoes/>>. Acesso em 16 dez. 2023

GLASSEC VIRACON. **Vidro Insulado**. Disponível em: <<https://glassecviracon.com.br/service/vidro-insulado/>>. Acesso em 10 jan. 2024

GLASSEC VIRACON. **Vidro Laminado**. Disponível em: <<https://glassecviracon.com.br/service/vidro-laminado/>>. Acesso em 10 jan. 2024

KHOURY, J. Curtain Walls. In: KOHN, A. E.; KATZ, P. **Building type basics for office buildings**. New York: John Wiley & Sons, 2002. P. 139-181

LUDWING, B.Z. **ANÁLISE ENTRE SISTEMAS DE FACHADAS CORTINA À LUZ DOS PRINCÍPIOS DE PROJETO PARA MANUFATURA E MONTAGEM**. 2014. MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba.

_____. Manual do vidro. **Tipos de vidro**. Revista Vidro Impresso, Santana, n 1, jul. 2022.

PETINELLI, Disponível em < <https://www.petinelli.com/>> Acesso em 28 nov. 2023

RODRIGUES, L. S. **Certificação Ambiental na Construção Civil: Sistemas LEED e AQUA**. 2019. Dissertação (Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROSSO, S. Cortina de vidro: o que considerar no projeto de fachada cortina e como evitar sobrecarga de ar-condicionado. **Revista Técnica**. São Paulo, ano 15, n 122, p. 42-50, maio 2007.

SABIONI, J.; NONATTO. A.; CRÍZEL, L.; **Sistema unitizado agiliza instalação de fachadas**. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/sistema-unitizado-agiliza-instalacao-de-fachadas/12107>> Acesso em 12/10/2023

SANTOS, M. M. **Análise crítica da execução de uma fachada de vidro**, 2013, Dissertação (Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, F.B **Sistema Unitizado de fachadas modulares**. Revista Técnica. São Paulo, ano 20, n. 181. P 66 – 70, abr. 2012.

FINESTRA, **Sistema de fachadas: desenvolvimento tecnológico marca evolução do setor**. São Paulo, ano 10, n41, p.52-67, abr/maio/jun. 2005.

SOUZA, E. **O que levar em conta para melhorar o conforto acústico?** Arch Daily, 2021. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/923739/o-que-levar-em-conta-para-melhorar-o-conforto-acustico>> Acesso em: 24 jan. 2024.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC). (2017). **Leed V4 reference guide for building design and construction**. USGBC. Disponível em: < <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso 12 out. 2023.

USGBC, **LEED Projects Directory**. **US Green Building Council**, 2017. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/profile>>. Acesso em: 04 de dez. 2023.

VIESTI, L. **Você conhece o structural glazing?** Disponível em: <<https://afeal.com.br/rev/psq/noticias-psq/voce-conhece-o-structural-glazing>>. Acesso 12 out. 2023.

WESTPHAL, F. S. **Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações**. São Paulo, Abividro, 2016

APÊNDICE A

CLASSIFICAÇÃO		ESPESSURA				DESEMPENHO				PRAZO		CUSTO		
CLASSIFICAÇÃO	ESPESSURA (mm)	SHGC (%)	VLТ (%)	OpEx HVAC (ano)	RW (dB)	Laeq (dB)	PRAZO Entrega da obra	CUSTO Unitário Vidro	CUSTO Total Vidro	CUSTO Indiretos				
Projeto Inicial	VIDRO 2 - TIPO VIDRO 11 - CAIXA	6+6	35	39	R\$ 17.708,40	35	41,9	R\$ 314,26/m²	R\$ 3.205.122,03	-				
	6+6	43,4	57,1	R\$ 37.987,50	37	38,2	R\$ 315,00/m²	R\$ 502.746,30	-					
Incorporadora	VIDRO 2 - TIPO VIDRO 9 - CAIXA	6+6	35	39	R\$ 17.708,40	32	41,9	R\$ 314,26/m²	R\$ 919.636,72	R\$ 165.465,44				
	6+6	30,5	39,5	R\$ 19.706,25	32	41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 919.636,72	R\$ 165.465,44					
Empresa LEED Opção 1	VIDRO 3 - TIPO VIDRO 5 - CAIXA	6+6	32,4	33,8	R\$ 17.214,90	32	41,9	R\$ 491,00/m²	R\$ 5.007.684,45	R\$ 165.465,44				
	6+6	30,5	39,5	R\$ 17.003,40	32	41,9	R\$ 597,00/m²	R\$ 952.833,94	R\$ 165.465,44					
	6+6	30,5	39,5	R\$ 17.003,40	32	41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 5.876.634,99	R\$ 165.465,44					
Empresa LEED Opção 2	VIDRO 9 - TIPO VIDRO 9 - CAIXA	6+6	30,5	39,5	R\$ 19.706,25	32	41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 919.636,72	R\$ 165.465,44				
	6+6	32,4	33,8	R\$ 17.214,90	32	41,9	R\$ 491,00/m²	R\$ 5.007.684,45	R\$ 165.465,44					
Empresa LEED Opção 3	VIDRO 3 - TIPO VIDRO 9 - CAIXA	6+6	30,5	39,5	R\$ 19.706,25	32	41,9	R\$ 576,20/m²	R\$ 919.636,72	R\$ 165.465,44				
	6+6	32,4	33,8	R\$ 17.214,90	32	41,9	R\$ 491,00/m²	R\$ 5.007.684,45	R\$ 165.465,44					
Combinação 1	VIDRO 3 - TIPO VIDRO 6 - CAIXA	12+12+8	24,5	30,3	R\$ 17.214,90	43	34,7	R\$ 1.007,00/m²	R\$ 10.270.342,65	R\$ 661.861,76				
	12+12+8	52,8	67	R\$ 18.419,56	43	34,7	R\$ 1.106,00/m²	R\$ 1.765.198,12	R\$ 661.861,76					
	12+12+8	22,5	35,4	R\$ 14.705,04	43	34,7	R\$ 1.097,00/m²	R\$ 11.188.248,15	R\$ 661.861,76					
	12+12+8	22,5	35,4	R\$ 17.164,75	43	34,7	R\$ 1.097,00/m²	R\$ 1.750.833,94	R\$ 661.861,76					
	12+12+8	24,5	30,3	R\$ 17.214,90	43	34,7	R\$ 1.007,00/m²	R\$ 10.270.342,65	R\$ 661.861,76					
	12+12+8	22,5	35,4	R\$ 17.164,75	43	34,7	R\$ 1.097,00/m²	R\$ 1.750.833,94	R\$ 661.861,76					
Combinação 2	VIDRO 1 - TIPO VIDRO 4 - CAIXA	12+12+8	27	34,7	R\$ 15.003,81	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	R\$ 661.861,76				
	12+12+8	52,8	67	R\$ 20.809,39	43	34,7	R\$ 874,00/m²	R\$ 1.394.921,48	R\$ 661.861,76					
Combinação 3	VIDRO 7 - TIPO VIDRO 7 - CAIXA	12+12+8	34,6	47,8	R\$ 15.321,44	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76				
	12+12+8	34,6	47,8	R\$ 17.835,41	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76					
Combinação 4	VIDRO 1 - TIPO VIDRO 7 - CAIXA	12+12+8	27	34,7	R\$ 15.003,81	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	R\$ 661.861,76				
	12+12+8	34,6	47,8	R\$ 17.835,41	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76					
Combinação 5	VIDRO 7 - TIPO VIDRO 7 - CAIXA	12+12+8	34,6	47,8	R\$ 15.321,44	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76				
	12+12+8	34,6	47,8	R\$ 17.835,41	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76					
Combinação 6	VIDRO 1 - TIPO VIDRO 7 - CAIXA	12+12+8	27	34,7	R\$ 15.003,81	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 8.822.091,75	R\$ 661.861,76				
	12+12+8	34,6	47,8	R\$ 17.835,41	43	34,7	R\$ 865,00/m²	R\$ 1.380.557,30	R\$ 661.861,76					
Investidores Opção 1	VIDRO 7 + VIDRO 7 - TIPO VIDRO 7 + VIDRO 7 - CAIXA	6+4+12+6+4	34,6	47,8	R\$ 15.321,44	43	34,7	R\$ 835,00/m²	R\$ 1.332.676,70	R\$ 827.327,20				
	6+4+12+6+4	34,6	47,8	R\$ 17.835,41	43	34,7	R\$ 835,00/m²	R\$ 1.332.676,70	R\$ 827.327,20					
Investidores Opção 2	VIDRO 2 + VIDRO 2 - TIPO VIDRO 2 + VIDRO 2 - CAIXA	6+4+12+6+4	29,8	40,4	R\$ 15.003,81	41	36,2	R\$ 720,09/m²	R\$ 7.344.161,91	R\$ 827.327,20				
	6+4+12+6+4	29,8	40,4	R\$ 17.500,99	41	36,2	R\$ 720,09/m²	R\$ 1.149.278,04	R\$ 827.327,20					