



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

André Guerreiro Fistarol

**ANÁLISE E ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED BD+C DE
EMPREENDIMENTO MULTIFAMILIAR EM BALNEÁRIO
CAMBORIÚ/SC**

Florianópolis

2024

André Guerreiro Fistarol

**ANÁLISE E ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED BD+C DE
EMPREENHIMENTO MULTIFAMILIAR EM BALNEÁRIO
CAMBORIÚ/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina como requisito parcial
para a obtenção do Título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, PhD

Florianópolis
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fistarol, André Guerreiro
ANÁLISE E ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED BD+C DE
EMPREENHIMENTO MULTIFAMILIAR EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ/SC /
André Guerreiro Fistarol ; orientadora, Marcos Aurélio
Marques Noronha, coorientador, Bruno Guerreiro Fistarol,
2024.

166 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis,
2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. LEED. 3. Engenharia civil. 4.
Sustentabilidade. 5. Construção verde. I. Noronha, Marcos
Aurélio Marques. II. Fistarol, Bruno Guerreiro. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. IV. Título.

André Guerreiro Fistarol

**ANÁLISE E ADEQUAÇÃO À CERTIFICAÇÃO LEED BD+C DE
EMPREENHIMENTO MULTIFAMILIAR EM BALNEÁRIO
CAMBORIÚ/SC**

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheira Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 07 de junho de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Marcos Aurélio Marques Noronha, PhD
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Bruno Guerreiro Fistarol
Coorientador

Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Juliano Domingos Teixeira

AGRADECIMENTOS

Agradeço, especialmente, aos meus pais, Sônia Guerreiro Fistarol e Salvio Vilmar Fistarol, pelas condições e estrutura que me proporcionaram para eu poder chegar aqui hoje. À minha mãe, pela educação, carinho, amor e por nunca medir esforços para estar presente em todos os momentos da minha vida. Ao meu pai, pelos ensinamentos de trabalho, resiliência e mentalidade empreendedora. É um privilégio ter pais tão sábios.

Ao meu irmão, Bruno Guerreiro Fistarol, sou grato pela cumplicidade, pelo apoio até nas ideias mais mirabolantes e, claro, por ser o meu porto seguro.

Aos meus avós, Gilberto Vidal Guerreiro e Zilda Boldrini Guerreiro, que desde o meu nascimento me proporcionaram uma vida incrível, cheia de amor, carinho e muito aprendizado. Sou eternamente grato pela confiança em me deixar fazer da casa de Jurerê o meu laboratório multidisciplinar para desenvolver na prática o que aprendi na teoria aqui na UFSC. Tê-los hoje comigo é um grande privilégio e realização pessoal.

À minha namorada, Graziela Brasil, por todo amor, paciência e apoio que me deu nessa jornada e por fazer essa trajetória ser muito mais leve e divertida. Gostaria de agradecer à sua família, Martha, Priss e Valério, que me adotou com tanto carinho e me proporcionou muitos aprendizados colocando a mão na massa junto comigo.

Agradeço, também, a todos os amigos que a UFSC proporcionou que cruzassem o meu caminho e tornassem a minha graduação mais descontraída e alegre, especialmente ao Sérgio, Malu, Lucas, Valeska, Gadoni, Carol, Carioca e Baladinha, que dividiram os desafios e as conquistas dessa caminhada.

Aos meus dois amados cachorros, Tutuca (*in memoriam*) e Mika (*in memoriam*), que tornavam a minha vida mais alegre e tranquila durante as maratonas de provas.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu concluísse mais essa etapa.

Por fim, agradeço imensamente ao meu orientador, Professor Noronha, pela disponibilidade em me orientar, pelas correções, pela paciência e pela forma descontraída com a qual sempre trata seus alunos.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise detalhada crédito a crédito da certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) BD+C (*Building Design and Construction*) aplicada a um edifício residencial multifamiliar em Balneário Camboriú, SC. O estudo, que aborda os custos e benefícios da implementação das medidas necessárias para obter a certificação, foi realizado com base no edifício *Fistarol Residence Tower*. Após adequações e sugestões de alterações no projeto, o edifício conseguiu alcançar o nível de certificação LEED Platina. O custo da adaptação foi calculado utilizando o Custo Unitário Básico (CUB) da construção civil, resultando em um investimento significativo, mas com um retorno financeiro projetado em cinco anos e oito meses devido ao aumento na rentabilidade dos aluguéis. Além dos benefícios econômicos, a certificação LEED promove vantagens ambientais significativas, como eficiência energética, conservação de recursos hídricos e redução de resíduos, contribuindo para a sustentabilidade do empreendimento e a criação de um ambiente mais saudável e eficiente. Este estudo destaca a importância da certificação LEED como uma ferramenta eficaz para promover a sustentabilidade na construção civil, oferecendo benefícios financeiros e ambientais substanciais, além de contribuir para a valorização e eficiência dos imóveis. O trabalho também aborda as limitações encontradas durante a análise e oferece recomendações para estudos futuros, ressaltando a importância dos selos verdes para a preservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável das cidades.

Palavras-chave: LEED. Engenharia civil. Sustentabilidade. Construção verde. USGBC

ABSTRACT

This study presents a detailed credit-by-credit analysis of the LEED BD+C (Leadership in Energy and Environmental Design Building Design and Construction) certification applied to a multifamily residential building in Balneário Camboriú, SC. The study addresses the costs and benefits of implementing the measures necessary to obtain the certification, focusing on the Fistarol Residence Tower. After making adjustments and project alteration suggestions, the building achieved LEED Platinum certification. The adaptation cost, calculated using the Basic Unit Cost (CUB) of civil construction, represents a significant investment. Nevertheless, it is expected to yield a return on investment within five years and eight months due to increased rental profitability. Beyond economic benefits, LEED certification promotes substantial environmental advantages, including energy efficiency, water resource conservation, and waste reduction, contributing to the sustainability of the development and creating a healthier and more efficient environment. This study underscores the importance of LEED certification as an effective tool to promote sustainability in civil construction, offering significant financial and environmental benefits, as well as enhancing the value and efficiency of properties. The work also addresses the limitations encountered during the analysis and provides recommendations for future studies, emphasizing the importance of green certifications for biodiversity preservation and the sustainable development of cities.

Keywords: LEED, Civil Engineering, Sustainability, Green building, USGBC.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Objetivos	19
1.1.1. Objetivo geral	19
1.1.2. Objetivos específicos	19
1.2. Estrutura do trabalho	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1. Sustentabilidade	21
2.2. Sustentabilidade em edificações e selo verdes	22
2.2. A Certificação LEED e edifícios certificados	32
2.3. Análises de custo-benefício de adequação à certificação LEED	41
2.4. Desempenho inferior ao previsto na Certificação LEED.....	43
3. MÉTODO.....	47
3.1. Considerações iniciais	47
3.2. Análise dos créditos da Certificação LEED para o projeto original	49
4. ESTUDO DE CASO	51
4.1. Apresentação do projeto.....	51
4.2. Análise do projeto quanto aos requisitos LEED NC.....	58
4.2.1. Localização e Transporte (LT)	58
4.2.2. Terrenos Sustentáveis (SS)	64
4.2.3. Uso Racional da Água (WE)	82
4.2.4. Energia e atmosfera (EA).....	93
4.2.5. Materiais e Recursos (MR).....	112
4.2.6. Qualidade do Ambiente Interno (EQ)	124
4.2.7. Inovação (IN).....	148
4.2.8. Prioridade Regional (RP)	149
4.3. Análise financeira	150
4.4. Considerações finais.....	151
5. CONCLUSÕES	153
5.1. Limitações.....	154
5.2. Recomendações para trabalhos futuros	154

REFERÊNCIAS.....	155
APÊNDICE A – Pontuação Final por categoria do projeto em estudo para o LEED.....	164

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação setorial no consumo de eletricidade	25
Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro	26
Figura 3 – Carta bioclimática.....	27
Figura 4 – Etiqueta PROCEL EDIFICA para edificação Multifamiliar	29
Figura 5 - Certificado Processo AQUA.....	31
Figura 6 - Empreendimentos com Certificação LEED no mundo	40
Figura 7 - Empreendimentos com Certificação LEED no Brasil	40
Figura 8 - Custo médio adequação de projetos ao LEED com base no valor total da obra	42
Figura 9 - Economia de energia em prédios com Certificação LEED.....	46
Figura 10 - Fluxograma do método proposto	48
Figura 11 – Fachada sul/leste em 3D.....	52
Figura 12 - Isométrico 3D pavimento tipo padrão (fachada norte localizada no canto inferior direito da imagem).....	53
Figura 13 - Planta baixa pavimento tipo padrão (fachada norte na parte superior da imagem)	54
Figura 14 – Isométrico 3D pavimento tipo diferenciado (fachada norte no canto superior direito da imagem).....	55
Figura 15 - Planta baixa pavimento tipo diferenciado (fachada norte na parte superior da imagem)	56
Figura 16 - Planta baixa pavimento lazer (fachada norte na parte superior da imagem)	57
Figura 17 – Localização do empreendimento.....	66
Figura 18 - Pilotis com adaptações e inserção de bosques de vegetação nativa (fachada norte na parte de cima da imagem).....	68
Figura 19 - Pavimento térreo com bosque de vegetação nativa no passeio (fachada norte na parte de cima da imagem).....	69
Figura 20 – exemplos de luminárias para iluminação exterior.....	82
Figura 21 - Comparação do consumo energético estimado do edifício com o projeto padrão	104

Figura 22 - Análise energética das fachadas Sul/Leste (à esquerda) e as fachadas Norte/Oeste (à direita), em isométrico.....	106
Figura 23 – Selos verde de materiais utilizados na construção civil.....	117
Figura 24 - Zonas bioclimáticas brasileiras	131
Figura 25 –Voto Médio Previsto pela Porcentagem Prevista de Insatisfeitos (PMVxPPD).....	139
Figura 26 - Suíte menos favorável	144
Figura 27 – Sala de estar, cômodo com maior incidência solar do apartamento	144
Figura 28 - Pontuação obtida por categoria da certificação LEED	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disposição da pontuação LEED BD+C: Novas Construções	35
Tabela 2 - Níveis de certificação LEED.....	39
Tabela 3 - Consumo de energia comparativo de um cenário modelado e atual, com a pontuação energética do LEED NC.	44
Tabela 4 - Localização e transportes	58
Tabela 5 – Pontos de densidade média a 400 metros do projeto	61
Tabela 6 - Terrenos sustentáveis	64
Tabela 7 - Valor mínimo do índice de refletância solar, por inclinação do telhado....	75
Tabela 8 - Porcentagem máxima do total de lúmens emitidos acima da horizontal, por zona de iluminação	78
Tabela 9 - Luminância vertical máxima no limite de iluminação, por zona de iluminação	81
Tabela 10 - Eficiência hídrica	85
Tabela 11 - Uso da água interior	88
Tabela 12 – Pontos por reduzir a água de irrigação.....	90
Tabela 13 - Pontos por reduzir o uso de água	91
Tabela 14 - Cálculo da redução do uso de água do interior.....	91
Tabela 15 - Energia e atmosfera	95
Tabela 16 - Pontos por melhoria percentual em desempenho energético	103
Tabela 17 – Pontos para energia renovável.....	109
Tabela 18 – Pontos para energia de energia verde ou compensações de carbono	111
Tabela 19 - Materiais e recursos	112
Tabela 20 - Qualidade do ambiente interno	124
Tabela 21 - Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente.....	131
Tabela 22 – Pontos para número de categorias de produtos em conformidade	133
Tabela 23 – Pontos para porcentagem de conformidade, com método de cálculo de orçamento	134
Tabela 24 - Pontos para área de piso com luz natural: autonomia espacial da luz natural	142
Tabela 25 - Pontos para área de piso com luz natural: cálculo de luminância	142

Tabela 26 - Avaliações máximas de classe de transmissão de som composta para espaços adjacentes.....	147
Tabela 27 – Inovação.....	148
Tabela 28 - Prioridade regional	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias do sistema AQUA.....	30
Quadro 2 – Categorias Selo Casa Azul.....	31
Quadro 3 - Avaliações máximas de iluminação para cima para luminárias	78
Quadro 4 - Avaliações máximas de iluminação por trás e ofuscamento	79
Quadro 5 - Limiares de conformidade com normas para emissões e concentrações para 7 categorias de materiais	133

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
AP	<i>Accredited Professional</i>
AQUA	Alta Qualidade Ambiental;
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers;</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials;</i>
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado;
BD+C	<i>Building Design + Construction;</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method;</i>
BRI	<i>Building Related Illness;</i>
BUG	<i>backlight-uplight-glare</i>
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency;</i>
COP21	21ª Conferência das Partes;
COV	Composto Orgânico Volátil
CUB	Custo Unitário Padrão;
DHI	Irradiação Difusa Horizontal
DNI	Irradiação Direta Normal
DOE	<i>United States Department of Energy;</i>
EA	<i>Energy and Atmosphere;</i>
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency;</i>
EPAct	<i>Energy Policy Act</i>
EQ	<i>Indoor Environmental Quality</i>
FSC	Conselho de Manejo Florestal
FTE	Equivalente de Tempo Integral
GBCB	<i>Green Building Council Brasil;</i>
GBCI	<i>Green building Council</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa;
HK-BEAM	<i>Hong Kong Building Environmental Assessment Method;</i>
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale;</i>
ID	<i>Innovation in Design;</i>
ID+C	<i>Interior Design and Construction;</i>

IDA	<i>Dark Sky Association</i>
IEQ	<i>Indoor Environmental Quality;</i>
IES	<i>Illuminating Engineering Society</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMET	<i>Inovation</i>
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design;</i>
LID	<i>Low impact development -</i>
MCS	<i>Multiple Chemical Sensitivity;</i>
MLO	<i>Model Lighting Ordinance</i>
MR	<i>Material and Resources;</i>
MR	<i>Materials and resources</i>
NBR	Norma Brasileira;
NC	<i>New Construction;</i>
ND	<i>Neighborhood;</i>
O+M	<i>Operation and Maintenance;</i>
ONU	Organização das Nações Unidas;
PE	Parlamento Europeu;
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção
PMV	Voto Médio Previsto
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente;
PPD	Porcentagem Prevista de Insatisfeitos
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício;
RP	<i>Regional Priorities;</i>
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos;
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais;
SBS	<i>Sick Building Syndrome;</i>
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento;

SRI	<i>Solar Reflectance Index</i>
SS	<i>Sustainable Sites;</i>
STC _c	Transmissão de som composta
UE	União Europeia;
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change;</i>
USGBC	<i>United States Green Building Council;</i>
WE	<i>Water Efficiency;</i>
ZB	Zona Bioclimática

1. INTRODUÇÃO

Na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), sediada em Paris, firmou-se um novo acordo cujo objetivo era fortalecer a resposta global à ameaça da mudança climática. Este acordo também visava aprimorar a capacidade dos países para enfrentar as consequências dessas transformações ambientais (MMA, 2023). Ratificado por todos os 195 países signatários da UNFCCC, o Acordo de Paris estabelece compromissos para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O principal objetivo é manter o aumento da temperatura média global abaixo dos 2°C, com esforços adicionais para limitá-lo a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (MMA, 2023).

Nesse contexto, o parlamento europeu aprovou a Lei Europeia do Clima, que garante a redução das emissões de carbono com o objetivo de mitigar as alterações climáticas. A conservação de energia e a melhoria da eficiência energética no ambiente construído têm sido foco da política no mundo (PE, 2023). Os edifícios na União Europeia (UE) consomem 40% da energia total do bloco e emitem 36% dos GEE, tornando o setor alvo para novas exigências governamentais e políticas de incentivos à adoção de selos verdes como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). O parlamento está empenhado em estabelecer regulamentos para o desempenho energético de edifícios com objetivo de zerar as emissões de carbono do setor imobiliário até 2050. Essas regras abrangem estratégias de renovação: a) a exigência de que todos os novos edifícios na UE sejam neutros em emissões a partir de 2030; b) a instalação de painéis solares em novas construções (PE, 2023).

Além dos impactos ambientais, os edifícios exercem significativa influência no bem-estar humano, tendo impacto direto nas funções cognitivas e na saúde (GBCB, 2020b). Nesse contexto, MacNaughton et al. (2017) conduziram uma avaliação das condições de trabalho em edifícios certificados pelo LEED e edifícios não certificados. Dentre os participantes que trabalhavam em edifícios com certificação ecológica, 30% apresentaram menos sintomas de doenças, 26,4% tiveram desempenho superior em testes cognitivos, e 6,4% relataram ter desfrutado de melhor qualidade de sono em comparação com os demais participantes. Essas descobertas foram feitas considerando outras variáveis potencialmente influentes nos resultados, como nível de escolaridade, renda e profissão (MacNaughton et al., 2017).

O LEED tem como propósito padronizar parâmetros e normas ambientais na construção, analisando o ciclo de vida dos empreendimentos. Isso estimula a adoção de estratégias para aprimorar a eficiência energética das edificações. Além disso, por meio de um projeto integrativo, o LEED visa reduzir o impacto ambiental das construções (GBCB, 2023).

Diante desse cenário, a construção sustentável ganhou notoriedade na engenharia civil. Nesse sentido, a obtenção de certificações, como o LEED, tem sido amplamente adotada como uma forma de validar e reconhecer empreendimentos que atendam a requisitos específicos de sustentabilidade. Além de atender aos requisitos para obtenção de certificações, deve-se monitorar continuamente o desempenho dos empreendimentos após entrar em operação (Torcellini et al., 2004).

No entanto, apesar dos esforços para promover edifícios verdes, há preocupação com a efetividade real de alguns empreendimentos, especialmente no que diz respeito à eficiência energética. Muitos edifícios certificados pelo LEED não alcançam as economias de energia previstas em seus projetos, levantando questões sobre a verdadeira sustentabilidade dessas construções (Torcellini et al., 2004).

Este trabalho tem como objetivo analisar e aplicar os critérios do LEED em uma edificação multifamiliar localizada em Balneário Camboriú, SC, e discutir possíveis adequações analisando a viabilidade financeira.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é verificar a classificação, conforme a tabela de requisitos do LEED BD+C (*Building Design and Construction*) para novas construções, de um edifício multifamiliar em construção na cidade de Balneário Camboriú, SC.

1.1.2. Objetivos específicos

Com o intuito de alcançar o objetivo geral estabelecido na subseção anterior, é adequado fragmentar as metas a serem alcançadas em tópicos de menor complexidade.

- Analisar as categorias e os requisitos de crédito do LEED BD+C;

- Sugerir adaptações com o objetivo de aumentar a pontuação do empreendimento e elevar o nível de certificação;
- Analisar a viabilidade econômica das sugestões de modificações apresentadas para o projeto.

1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho será dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo, ocorre a introdução do tema e a definição dos objetivos a serem alcançados. O segundo capítulo é dedicado à revisão bibliográfica, fornecendo uma base teórica essencial, apoiada por artigos científicos e pesquisas relacionadas. No terceiro capítulo, descreve-se o método adotado, apresentando os procedimentos e parâmetros empregados na condução da pesquisa. O quarto capítulo se concentrará nas análises dos resultados, que são exibidos e discutidos em relação ao estudo, incluindo sugestões para adaptação do projeto à Certificação LEED. Por fim, o quinto capítulo encerra o trabalho, fornecendo as conclusões, apontando eventuais limitações encontradas e sugerindo direções para futuras pesquisas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, é realizada uma revisão dos temas pertinentes à elaboração deste trabalho, dividindo-o em quatro seções principais:

2.1. Sustentabilidade

A partir do final do século XIX, elevou-se a preocupação com o meio ambiente em âmbito mundial. Os países mais desenvolvidos implementaram leis para proteger plantas e animais típicos da região, por terem percebido a escassez dos mesmos devido a caça ou uso descomedido. Estas medidas foram fundamentais para a preservação da biodiversidade local e estabeleceram-se padrões globais para o futuro mais sustentável (GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P., 2024).

Neste cenário, em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu o primeiro fórum formal dedicado ao meio ambiente, em Estocolmo. Nessa ocasião, a Conferência das Nações Unidas resultou na criação da Declaração sobre o Ambiente Humano, também conhecida como Declaração de Estocolmo. Esse marco estabeleceu princípios fundamentais abrangendo questões ambientais de alcance internacional, incluindo direitos humanos, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e a relação entre ambiente e desenvolvimento (UNEP, 2022).

Durante a década de 80, a busca pela redução do consumo de energia nem sempre foi alcançada da melhor forma, assim os edifícios tiveram participação expressiva no consumo (SUSARQ, 2023). Por essa razão optou-se pela redução dos níveis de iluminação e sistemas de ventilação (SUSARQ, 2023). Então, as pessoas começaram a manifestar sintomas de doenças que desapareciam ao sair dos edifícios (SUSARQ, 2023). Em 1984, a Organização Mundial de Saúde fez o primeiro estudo sistematizado para analisar estas ocorrências, designando-as de Síndrome do Edifício Doente (SUSARQ, 2023). A adaptação das técnicas construtivas ao paradigma do desenvolvimento sustentável implica na criação de edificações que estejam em harmonia com o meio ambiente (SUSARQ, 2023). Por conseguinte, eleva a qualidade de vida dos indivíduos, conciliando o conforto com a utilização eficiente dos recursos naturais, sem deixar de lado as peculiaridades locais (LEE; GUERIN, 2009). A importância da eficiência energética se destaca quando percebeu-se que o serviço principal dos edifícios, que é abrigar o ser humano e suas atividades, não pode ser

prejudicado pelo objetivo de reduzir os consumos (LEE; GUERIN, 2009). Nesta década observou-se a associação entre a eficiência energética e a qualidade do ambiente interior (LEE; GUERIN, 2009).

Nos anos 90 desenvolveu-se a maturidade dos conceitos de sustentabilidade (ONU, 1992). Nesta década ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Rio-92. Neste período o conceito de sustentabilidade foi alargado e passou a ser avaliado de forma holística, incluindo temas como energia, água, extração de matéria-prima, resíduos sólidos e líquidos, poluição atmosférica, saúde e segurança, fauna, flora, entre outros (ONU, 1992). Portanto, a construção sustentável abrange a sustentabilidade ambiental, econômica e social, priorizando a melhoria da qualidade de vida de indivíduos e comunidades (MMA, 2023).

2.2. Sustentabilidade em edificações e selo verdes

De acordo com Edwards e Hyett (2004), a sustentabilidade assume crescente importância no âmbito do projeto arquitetônico no século XXI, incorporando dimensões sociais e estéticas. A tecnologia desempenha papel de conexão entre as duas dimensões. Este novo paradigma arquitetônico busca a integração harmoniosa entre o habitat humano e a natureza. Os autores destacam que a sustentabilidade representa um indicador fundamental da qualidade do projeto, pois um projeto sustentável agrega valor ao longo do tempo, utilizando de forma eficiente os recursos disponíveis. Além disso, fazem uma analogia entre a tríade Vitruviana, composta pela durabilidade (*firmitas*), utilidade (*utilitas*) e beleza (*venustas*), e o conceito de sustentabilidade, onde os aspectos econômicos, sociais e ambientais são fundamentais para a teoria sustentável.

O desenvolvimento de projetos sustentáveis requer uma abordagem holística, integrando diversas áreas (ARAÚJO, 2008). A colaboração de equipes multidisciplinares, com especializações em diferentes áreas da sustentabilidade, pode inadvertidamente limitar o acesso ao conhecimento e à prática da arquitetura ecológica, favorecendo apenas proprietários e investidores de alto poder aquisitivo (ARAÚJO, 2008). Promover a disseminação do conhecimento sobre projetos

sustentáveis é essencial para democratizar seu acesso, transformando-o em um patrimônio cultural e um processo inclusivo na disciplina de projetos (ARAÚJO, 2008).

A sustentabilidade na construção deve ser considerada a longo prazo, devido ao longo ciclo de vida de um edifício (PARDINI, 2009). No entanto, a viabilidade das práticas sustentáveis em um projeto é frequentemente avaliada com base nos custos iniciais, em uma perspectiva de curto prazo (PARDINI, 2009). As tecnologias sustentáveis geralmente implicam custos de implantação mais elevados para os empreendedores, levando muitos a descartar estratégias mais robustas (PARDINI, 2009). Deve-se reconhecer que, durante a operação de um edifício, o uso dessas tecnologias pode resultar em retorno de investimento devido às economias, como no consumo energético (PARDINI, 2009). Portanto, a decisão de construir um edifício mais sustentável deve ser embasada em um estudo de viabilidade que considere não apenas os custos iniciais, mas também os custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento (PARDINI, 2009). Desse modo, as edificações sustentáveis podem se tornar investimentos mais rentáveis (PARDINI, 2009).

Conforme Edwards e Hyett (2004), nota-se o amplo emprego da tecnologia para a incorporação de práticas sustentáveis na arquitetura contemporânea, sendo identificada como a principal força propulsora dos projetos.

A arquitetura de baixo impacto ambiental não se limita a um único estilo ou movimento arquitetônico (GONÇALVEZ; DUARTE, 2006). As soluções adotadas para o conforto ambiental e a eficiência energética, independentemente da época, baseiam-se em princípios físicos como transferência de calor, mecânica dos fluidos e utilização de recursos locais, empregando uma tecnologia apropriada (GONÇALVEZ; DUARTE, 2006).

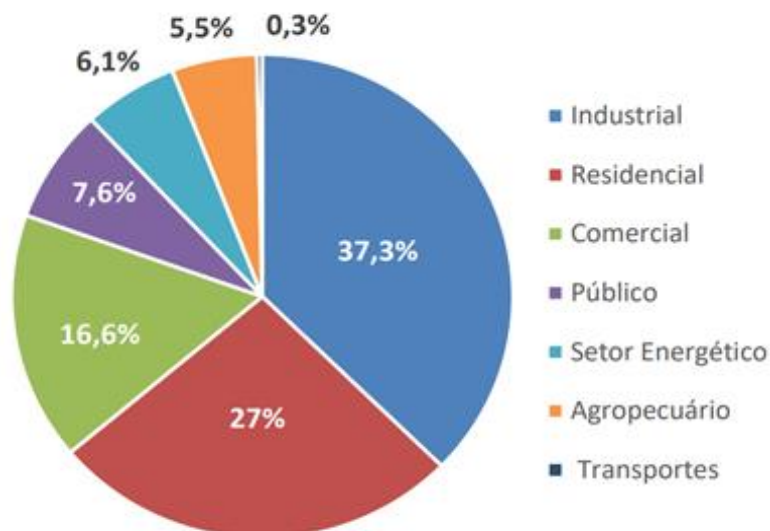
Conforme Goulart (2010) destaca, os projetistas de edifícios verdes buscam alcançar harmonia estética, como também ecológica entre a edificação e o ambiente natural ao seu redor. Isso implica em estratégias urbanas, como a minimização das ilhas de calor e o impacto no microclima através do uso de espaços verdes. Além disso, afeta diretamente a edificação aspectos como a cor, vegetação para sombreamento, tipos de vidro e dispositivos de proteção solar influenciam em sua composição estética.

A influência da sustentabilidade na arquitetura contemporânea trata do conforto ambiental, porém explora o campo da eficiência energética e o uso de recursos durante a construção e operação dos edifícios (GONÇALVEZ; DUARTE, 2006).

As iniciativas visando a eficiência energética em edificações começaram a ser desenvolvidas no país na década de 80 devido à alta demanda do setor energético. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é uma iniciativa governamental coordenada pelo Ministério de Minas e Energia e executada pela Eletrobrás. Instituído em 30 de dezembro de 1985, o PROCEL tem como objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica, implementando ações de eficiência energética em diversos setores da economia, resultando em benefícios para toda a sociedade. Suas áreas de atuação abrangem equipamentos, edificações, iluminação pública, setor público, indústria, comércio e educação (MME, 20015). A crise energética que afetou o Brasil em 2001 foi um dos fatores que levaram à promulgação da Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001a). Essa iniciativa impulsionou outros programas e regulamentações, como o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações. O PROCEL EDIFICA foi estabelecido em 2003, com o propósito de fomentar o uso racional de energia elétrica e promover a conservação dos recursos naturais nas edificações, reduzindo desperdícios e minimizando os impactos ambientais. O programa opera em colaboração com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, o setor da Construção Civil, centros de pesquisa, universidades e outras entidades. O programa é fundamental na busca por práticas mais sustentáveis no setor imobiliário (PBE, 2013).

No contexto brasileiro, a construção civil figura como um dos principais consumidores de energia elétrica. Em 2023, cerca de metade do consumo de energia elétrica ocorreu em edificações, abrangendo estabelecimentos comerciais, residenciais e prédios públicos. Dentre essas categorias, as residências representaram metade desse consumo, enquanto a outra metade é atribuída aos estabelecimentos comerciais e prédios públicos conforme mostra a Figura 1 (EPE, 2023). Portanto, destaca-se importância de estratégias de eficiência energética e redução de emissões de carbono para atingir as metas de sustentabilidade estabelecidas (RISPOLI; ORGAN, 2019).

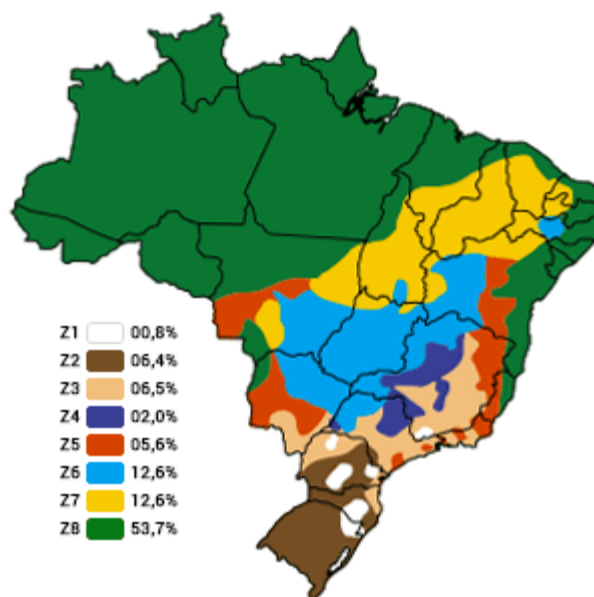
Figura 1 - Participação setorial no consumo de eletricidade



Fonte: EPE, 2023

Em consonância com essa preocupação, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em 2005 a Norma Brasileira (NBR) 15220, que aborda o Desempenho Térmico de Edificações em cinco partes (ABNT, 2005). Essa norma estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, descreve os métodos para calcular as propriedades térmicas dos componentes construtivos das edificações e fornece diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005). Desde então, conforme especificado na parte 3 da norma NBR 15220, o território brasileiro foi dividido em oito zonas bioclimáticas. Essas zonas são determinadas pelas características climáticas semelhantes das diversas regiões do país, não se baseando em delimitações políticas ou econômicas, conforme apontadas na Figura 1 (ABNT, 2005).

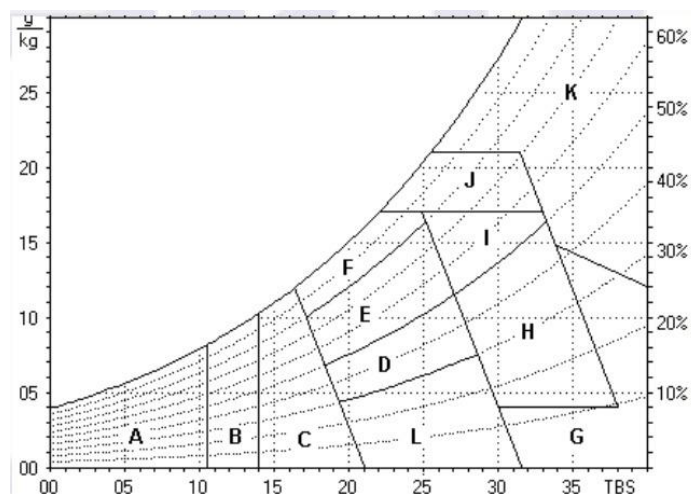
Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2005

Foi desenvolvido um conjunto de recomendações técnico-construtivas para cada zona, visando aprimorar o desempenho térmico das edificações de acordo com as características climáticas locais. Essas orientações foram elaboradas com base na carta bioclimática adaptada a partir das sugestões de Givoni (1992), como mostra na Figura 3. Na formulação dessas diretrizes construtivas e na definição das estratégias de condicionamento térmico passivo para cada zona bioclimática brasileira, considerou-se uma série de parâmetros e condições de contorno. Isso incluiu o tamanho das aberturas para ventilação, a proteção dessas aberturas, os tipos de vedações externas, como paredes e coberturas, e as estratégias específicas de condicionamento térmico passivo.

Figura 3 – Carta bioclimática



Fonte: ABNT, 2005

Com base nas zonas da carta bioclimática da Figura 3, observar que:

- A é a zona de aquecimento artificial (calefação);
- B é a zona de aquecimento solar da edificação;
- C é a zona de massa térmica para aquecimento;
- D é a zona de conforto térmico (baixa umidade);
- E é a zona de conforto térmico;
- F é a zona de desumidificação (renovação do ar);
- G + H é a zona de resfriamento evaporativo;
- H + I é a zona de massa térmica de refrigeração;
- I + J é a zona de ventilação;
- K é a zona de refrigeração artificial;
- L é a zona de umidificação do ar.

Para elevar a qualidade das edificações residenciais no Brasil, foi estabelecida a norma NBR 15575, intitulada "Edificações habitacionais – Desempenho" (ABNT, 2013). Após o período de revisões e consultas públicas, essa norma entrou em vigor em julho de 2013, definindo requisitos mínimos de desempenho, vida útil e garantia para os diversos sistemas que compõem as edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares (ABNT, 2013). A NBR 15575 representa um avanço significativo para o setor da construção civil no país, marcando melhoria da qualidade das edificações residenciais e ao seu desempenho em várias áreas analisadas pela norma (CBIC, 2013).

Relacionada à simulação termoenergética, a NBR 15575 concentra-se principalmente nos requisitos mínimos de desempenho térmico da edificação e em outros fatores relevantes para cada zona bioclimática (CBIC, 2013). Além disso, o selo verde brasileiro PROCEL-EDIFICA originou dois regulamentos de eficiência energética: o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R) (PBE, 2013).

Os regulamentos avaliam as edificações em cinco níveis, variando de A, mais eficiente, a E, menos eficiente, conforme a Figura 2 (CB3E, 2013). O RTQ-C é aplicável a edifícios condicionados, parcialmente condicionados ou não condicionados, e especifica requisitos técnicos e métodos para classificar edifícios comerciais, de serviços e públicos (CB3E, 2013). Este regulamento avalia principalmente a envoltória, os sistemas de iluminação e o sistema de condicionamento de ar da edificação. O método adotado no regulamento inclui um processo de avaliação e etiquetagem para determinar a eficiência do edifício analisado (CB3E, 2013). O projeto pode ser avaliado através de um método prescritivo, que utiliza critérios específicos e equações, ou através do método de simulação (CB3E, 2013).

Figura 4 – Etiqueta PROCEL EDIFICA para edificação Multifamiliar



Fonte: PBE EDIFICA, 2013

Outro selo, este adequado ao contexto brasileiro em 2007, de edificações é a Alta Qualidade Ambiental (AQUA) (FCAV, 2007). Esse sistema de referencial técnico francês chamado de HQE (*Haute Qualité Environnementale*), é definido como sendo um processo de gestão de projeto com o objetivo de alcançar a qualidade ambiental em um empreendimento (FCAV, 2007).

O Processo AQUA avalia o desempenho ambiental de uma construção, considerando tanto sua natureza arquitetônica e técnica quanto sua gestão (FCAV, 2007). Ele é composto por dois principais instrumentos: o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e o referencial de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) (FCAV, 2007). De acordo com esse selo verde, a gestão da edificação permite definir as diretrizes de projeto necessárias para alcançar e manter os níveis desejados de qualidade ambiental (FCAV, 2007).

No método adotado pelo AQUA, são identificadas quatorze categorias agrupadas em quatro famílias, conforme mostra o Quadro 1. Essa abordagem permite a avaliação de edifícios principalmente destinados ao uso para escritórios ou escolas. As fases examinadas abrangem o programa de necessidades, o projeto e a

construção. Embora a fase de uso e operação da edificação não seja considerada na certificação, o Processo AQUA integra elementos que contribuem para o desempenho ambiental após a conclusão da obra (FCAV, 2007).

Quadro 1 – Categorias do sistema AQUA

Categorias Processo AQUA	
Eco- construção	Relação do edifício com o entorno
	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos
	Canteiro de obra com baixo impacto ambiental
Eco-gestão	Gestão de energia
	Gestão de água
	Gestão de resíduos de uso e operação do edifício
	Manutenção – permanência do desempenho ambiental
Conforto	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Conforto visual
	Conforto olfativo
Saúde	Qualidade sanitária dos ambientes
	Qualidade sanitária do ar
	Qualidade sanitária da água

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, SILVEIRA, QUELHAS, LAMEIRA, 2011

O nível que uma edificação pode alcançar através do Processo AQUA está associado à Qualidade Ambiental do Edifício, podendo variar entre Bom, Superior ou Excelente, conforme o desempenho (FCAV, 2007).

Figura 5 - Certificado Processo AQUA.



Fonte: FCAV, 2007

Outro selo verde da construção civil é o Selo Casa Azul. Esse selo compõe uma classificação socioambiental aplicada a empreendimentos residenciais da Caixa Econômica Federal. O sistema de certificação foi adaptado à realidade da construção habitacional brasileira como requisito para financiamento de empreendimentos para famílias de baixa renda. Desenvolvido por uma equipe multidisciplinar em colaboração com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas. O selo tem como objetivo promover o uso sustentável de recursos naturais, reduzir os custos de manutenção dos edifícios e as despesas mensais dos moradores, além de aumentar a conscientização sobre as vantagens das construções sustentáveis. Os níveis de classificação possíveis são: bronze, prata ou ouro.

Para conquistar o Selo Casa Azul, são considerados cinquenta e três critérios, divididos em seis categorias, como descrito no Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias Selo Casa Azul.

Categorias Selo Casa Azul	
1.	Qualidade urbana
2.	Projeto e conforto
3.	Eficiência energética
4.	Conservação de recursos materiais
5.	Gestão da água
6.	Práticas sociais

Fonte: Adaptado de FCAV, 2007

Também são apresentados os selos internacionais como o pioneiro em avaliação ambiental predial do mundo, o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), o mais difundido mundialmente o LEED e outros como o HK-BEAM (*Hong Kong Building Environmental Assessment Method*) e o CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*), originário do Japão (MOTTA; AGUILAR, 2009). Esses sistemas de aplicação ambiental predial são mais eficazes quando aplicados a edifícios em fase de projeto, influenciando nas análises do potencial previsto antes da construção (SILVA, 2007). Apesar de serem adotados em diferentes países, esses sistemas compartilham uma estrutura semelhante, pois abordam questões comuns (SILVA, 2007). No entanto, nota-se que esses sistemas, originários de países desenvolvidos onde há equidade social e distribuição de riqueza mais estabelecida, têm como foco primordial a redução do consumo de recursos (SILVA, 2007). Entretanto, nos países em desenvolvimento, seria pertinente que os sistemas de avaliação ambiental ampliassem seu escopo, abrangendo aspectos como a sustentabilidade econômica dos edifícios (SILVA, 2007).

Os selos de certificação ambiental têm como objetivo principal incentivar desenvolvimento ambientalmente correto através do próprio mercado. Isso ocorre devido ao comprometimento das empresas com a sustentabilidade ou por razões mercadológicas, como a competitividade. Porém, em alguns países, a certificação ambiental deixou de ser apenas uma estratégia de mercado e tornou-se uma condição indispensável para a legalização dos edifícios (PICCOLI *et al.*, 2010). Assim, a certificação, por meio de sistemas de selos verdes, ganha destaque e requer análise conhecimento técnico para adequação de um projeto ao selo sustentável (PICCOLI *et al.*, 2010).

2.2. A Certificação LEED e edifícios certificados

Os edifícios exercem significativa influência no bem-estar humano, tendo impacto direto nas funções cognitivas e na saúde (GBCB, 2020b). Nesse contexto, MacNaughton *et al.* (2017) conduziram uma avaliação das condições de trabalho em edifícios certificados pelo LEED e edifícios não certificados. Dentre os participantes que trabalhavam em edifícios com certificação ecológica, 30% apresentaram menos sintomas de doenças, 26,4% tiveram desempenho superior em testes cognitivos, e

6,4% relataram ter desfrutado de melhor qualidade de sono em comparação com os demais participantes. Essas descobertas foram feitas considerando outras variáveis potencialmente influentes nos resultados, como nível de escolaridade, renda e profissão.

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a indústria da construção civil mundial atingiu recorde histórico de 10 gigatoneladas de emissões de CO₂. Essa indústria foi responsável por mais de 34% da demanda de energia e cerca de 37% das emissões de CO₂ relacionadas à energia e processos em 2021 (ONU, 2022). Nesse contexto, a liderança no mercado mundial de certificações de sustentabilidade na construção, o USGBC (*United States Green Building Council*), fundado em 1993, desenvolveu um artifício importante para garantir as metas de descarbonização estabelecidas pela ONU para 2050, o LEED (LEE; GUERIN, 2009). A Certificação LEED, estabelecida em 1998, foi idealizada por três arquitetos, Rick Fedrizzi, David Gottfried e Mike Italiano. Eles convocaram 60 empresas da construção civil que compartilharam suas ideias com o objetivo de abranger todas as fases do empreendimento, desde a construção até seu uso posterior, visando criar um sistema de avaliação de edifícios verdes (USGBC, 2023).

O LEED tem como propósito padronizar parâmetros e normas ambientais na construção, analisando o ciclo de vida dos empreendimentos. Isso estimula a adoção de estratégias para aprimorar a eficiência energética das edificações. Além disso, por meio de um projeto integrativo, o LEED visa reduzir o impacto ambiental das construções (GBCB, 2023).

A Certificação LEED é organizada em categorias, cada uma correspondendo à finalidade específica do empreendimento (USGBC, 2023). As categorias são:

- BD+C *Building Design and Construction* (projeto de construção e construção): Dedicado a novas construções e grandes reformas. Possui aplicação para escolas, varejos, hotelaria, *data centers*, hospitais, depósitos e centro de distribuição;
- ID+C *Interior Design and Construction* (inovação em projeto): Para projetos de adaptação de interiores, incluindo aplicações em interiores comerciais, varejos e hotelaria;
- O+M (Operações e Manutenção de Edifícios): Para edifícios existentes que estão passando por melhorias com pouca construção. Aplicável a

escolas, comércios, hotéis, *data centers*, depósitos e centros de distribuição.

- ND (Desenvolvimento de Bairro): Dedicado a novos projetos de desenvolvimento de terrenos e uso residencial, desde o planejamento até a construção, incluindo projetos planejados e construídos.
- *Homes*: Residências Unifamiliares e Multifamiliares - Para casas unifamiliares e prédios de até seis pavimentos.
- *Cities and Communities* (Cidades e Comunidades): Para cidades e bairros que desejam gerenciar o consumo de água, energia, resíduos, transporte e a qualidade de vida nas áreas urbanas.
- LEED Recertificação: Destinada a edifícios já certificados que desejam manter e melhorar seu desempenho ambiental. Aplicável a projetos que tenham obtido as certificações LEED BD+C e LEED ID+C.
- LEED Zero: Disponível para projetos que buscam zerar a emissão de carbono, o balanço de energia e o uso de água potável, bem como para edifícios que alcançaram a certificação *TRUE Platinum* do GBCI (*Green Building Council*), atestando práticas de desperdício zero (GBCI, 2023).

O termo *Green Building*, ou construção verde, refere-se a construções projetadas para alcançar um desempenho ambiental pré-definido (LEITE, 2011). Baseando-se em decisões de projeto que abordam cinco áreas principais: local sustentável, uso eficiente da água, eficiência energética, conservação de materiais e recursos e qualidade ambiental interna (LEITE, 2011). Por meio dessas iniciativas, tanto o empreendedor quanto o usuário final contribuem para a redução dos impactos ambientais durante as fases de construção e ocupação do edifício (LEITE, 2011).

Conforme Barros (2012), durante a fase de projeto de um prédio sustentável, a viabilidade desse tipo de empreendimento não é alcançada de forma isolada. Nesses casos, é intrínseca a necessidade de uma abordagem colaborativa por parte de todos os envolvidos no processo. Para garantir que o desempenho final e os custos de implementação e operação do edifício alcancem os objetivos iniciais, o incorporador, os projetistas, os fornecedores e outros agentes devem estabelecer uma comunicação e colaboração totalmente integradas desde o início da concepção do projeto. O LEED

fundamenta-se em critérios predefinidos de desempenho e toma como referência normas e recomendações de entidades norte-americanas (BARROS, 2012):

- ASHRAE é a *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*;
- ASTM é a *American Society for Testing and Materials*;
- EPA é a *United States Environmental Protection Agency*;
- DOE é a *United States Department of Energy*.

O sistema de avaliação do LEED é baseado em pré-requisitos e créditos, seguindo diretrizes estratégicas estabelecidas para avaliar empreendimentos que buscam a sustentabilidade. São disponíveis 110 pontos distribuídos em nove categorias, como mostra a Tabela 1. Assim, os projetos, obras ou edificações em fase de operação poderão ser classificados em uma das qualificações, de acordo com a quantidade de pontos adquiridos nas análises (USBC, 2023):

Tabela 1 - Disposição da pontuação LEED BD+C: Novas Construções

Categoria	Pontuação
Processo integrativo (IP)	1
Localização e Transporte (LT)	16
Terrenos Sustentáveis (SS)	10
Eficiência Hídrica (WE)	11
Energia e Atmosfera (EA)	33
Materiais e Recursos (MR)	13
Qualidade do Ambiente Interno (IEQ)	16
Inovação (IN)	6
Prioridade Regional (RP)	4
Total	110

Fonte: Adaptado de USGBC, 2020

A partir das categorias citadas na Tabela 1, percebe-se que a certificação LEED cumpre todos os preceitos de sustentabilidade analisados por Barros (2012), conforme listados abaixo:

- A localização do empreendimento promove o desenvolvimento compacto, transporte sustentável e proximidades a serviços. Assim,

reduz-se emissões de gases do efeito estufa e melhora a qualidade de vida da comunidade;

- A redução do consumo energético é buscada, com o objetivo de atender aos níveis de desempenho para o edifício por meio do uso de fontes renováveis ou alternativas, além da implementação de sistemas mais eficientes;
- O uso racional da água é promovido, com a implementação de medidas para reduzir o consumo, bem como para o tratamento e reutilização de águas servidas no empreendimento;
- A escolha de produtos com baixo impacto ambiental, a gestão responsável de resíduos e a implementação de ações para reduzir ou reutilizar materiais no processo de construção e operação do edifício são enfatizadas;
- A qualidade do ambiente interior é um quinto princípio crucial no conceito de um *green building*, considerando aspectos do projeto relacionados à iluminação e ventilação naturais, além da redução do uso de revestimentos e materiais que possam emitir compostos voláteis no ar interior;
- A operação e manutenção, incentivando o uso de materiais e sistemas mais eficientes com baixos impactos em seus ciclos de vida, além de uma relação custo-benefício favorável.

Na categoria Energia e Atmosfera, a avaliação da edificação em relação aos pré-requisitos e créditos requer a realização de uma simulação energética do empreendimento. Conforme destacado por Cavalcante (2010), o sistema de certificação LEED não tem como objetivo abordar todos os parâmetros de sustentabilidade no contexto da construção civil, mas fornecer um conjunto de diretrizes relacionadas ao desempenho energético a serem seguidas como referência.

Diante do crescente aumento das tarifas de energia elétrica, a construção civil demonstra-se em crescente preocupação com o uso eficiente da energia elétrica, um aspecto central nos princípios das edificações sustentáveis (MARTINEZ, 2009). Para atender aos critérios estabelecidos pelo LEED na categoria de Energia e Atmosfera, torna-se crucial o emprego de componentes construtivos na envoltória do edifício que

sejam termicamente eficientes (MARTINEZ, 2009). A escolha dos materiais das fachadas dos edifícios deve ser cuidadosamente considerada desde as fases iniciais do projeto, a fim de evitar custos não planejados associados à necessidade de adaptação do empreendimento aos requisitos estipulados para a certificação (MARTINEZ, 2009).

Na fase de simulação energética, o projeto é confrontado com um modelo de referência que demonstra o melhor desempenho de sua estrutura (USGBC, 2023). O projeto em análise deve demonstrar um desempenho ainda melhor que o do modelo de referência, conforme definido nos critérios do LEED (USGBC, 2023). Com base em projetos que buscaram a certificação, percebe-se que, devido ao alto desempenho já demonstrado pelo modelo de referência, os projetos conseguem alcançar a redução do consumo energético por meio de ajustes nos sistemas de climatização e iluminação (CAVALCANTE, 2010). Em geral, os equipamentos de escritório e áreas comuns consomem de 40% a 50% do total de energia em um edifício, enquanto os sistemas de ventilação e condicionamento de ar correspondem a cerca de um terço e a iluminação, a um quarto do consumo, respectivamente (CAVALCANTE, 2010).

Para facilitar o processo de certificação de um edifício, conforme observado por Amaral (2013), torna-se crucial tomar a decisão de buscar a certificação desde o início do projeto. Aspectos como a localização e a equipe de projetistas podem influenciar significativamente na obtenção da certificação. Além disso, é essencial que o empreendedor reconheça que, apesar dos custos iniciais mais elevados para o desenvolvimento dos projetos, haverá benefícios posteriores devido à redução no consumo de energia e nos custos de manutenção dos edifícios (AMARAL, 2013).

Barros (2012), através de pesquisas, comenta sobre algumas dificuldades apontadas por empreendedores para a implementação da Certificação LEED. Podem ser identificados diversos elementos impactantes, como o custo elevado da certificação, documentação e elaboração do projeto, bem como o período necessário para recuperar o investimento realizado. Além disso, há desafios relacionados ao fornecimento de materiais e tecnologias que atendam aos requisitos do LEED, juntamente com a exigência de realizar uma simulação energética complexa para obter a certificação (BARROS, 2012).

Outra adversidade enfrentada pelos empreendimentos em processo de certificação é a falta de uma abordagem integrada nos projetos e a relutância por parte de projetistas ou empreendedores em modificar elementos arquitetônicos, como a

redução de áreas envidraçadas em edifícios comerciais (CAVALCANTE, 2010). Torna-se fundamental a colaboração entre as equipes de projeto, consultores e incorporadores desde as fases iniciais. A arquitetura exerce uma influência direta sobre o desempenho energético do edifício. As decisões de projeto devem ser cuidadosamente analisadas para conciliar os diversos interesses das partes envolvidas.

No contexto profissional, observa-se uma falta de conhecimento dos profissionais em relação à ferramenta de certificação, bem como deficiências no treinamento de construtoras e fornecedores (BARROS, 2012). No que diz respeito ao projeto, a indústria da construção civil carece de um processo integrado, sendo recomendado pelo USGBC que um Profissional LEED AP (*Accredited Professional*) faça parte da equipe (BARROS, 2012). Este profissional, credenciado pelo órgão certificador por meio de exame técnico, possui o conhecimento necessário para conduzir o processo (BARROS, 2012).

Em outros países, a legislação desempenhou um papel importante na popularização da Certificação LEED, ao estabelecer incentivos e requisitos de sustentabilidade para obras públicas e privadas (PARDINI, 2009). Essa iniciativa levou à adoção mais ampla do processo de certificação por construtoras e projetistas, resultando na redução dos riscos associados ao processo (PARDINI, 2009).

No que diz respeito ao próprio projeto, o método comum no mercado, onde cada disciplina é desenvolvida de forma independente e depois compatibilizada, não é adequada para projetos certificados (AMARAL, 2013). Ao optar pela certificação de um empreendimento, toda a equipe deve estar ciente das premissas desde o início (AMARAL, 2013). Um projeto sustentável requer uma abordagem sistêmica, na qual as experiências de cada profissional sejam compartilhadas por meio de uma troca contínua de ideias (AMARAL, 2013). Elementos como a seleção adequada de materiais, técnicas construtivas e detalhes na execução para minimizar os impactos ambientais são cruciais para alcançar uma performance compatível com a certificação (AMARAL, 2013). O trabalho realizado pelo comissionamento adiciona um custo extra ao processo, sendo um dos fatores que encarecem o projeto certificado (AMARAL, 2013). Este profissional orienta e posteriormente verifica se as ações estabelecidas no projeto são cumpridas durante a execução da obra, desempenhando um papel fundamental para o sucesso da certificação (AMARAL, 2013).

Este processo de Certificação, conforme descrito por Leite (2011), opera em diferentes níveis de pontuação, avaliando o grau de conformidade do projeto com os requisitos estabelecidos pelo LEED. Utilizando um método de avaliação baseado em documentos que evidenciam o atendimento do projeto aos itens obrigatórios e classificatórios, atribuem-se pontos por meio de um *checklist*. Ao final, a soma desses pontos é definido o nível alcançado. Alguns itens são considerados obrigatórios, denominados "Pré-requisitos", e caso algum deles não seja atendido, o projeto não se qualifica para a certificação. As categorias e suas respectivas pontuações são divididas em Certificação Básica, Prata, Ouro e Platina conforme a Tabela 2, estabelecido pelo USGBC.

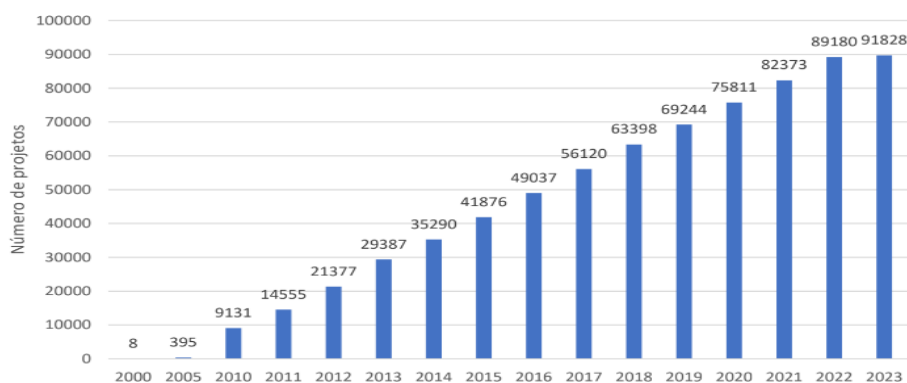
Tabela 2 - Níveis de certificação LEED

Certificação	Certificado	Prata	Ouro	Platina
Número de pontos	40 a 49	50 a 59	60 a 79	80 a 110

Fonte: Adaptado de USGBC, 2020

Até 2005, a adesão ao certificado foi discreta, com apenas 79 projetos registrados por ano no mundo. A partir de 2005, o interesse pelo LEED aumentou em todo o mundo devido à crescente preocupação com o meio ambiente e à realização de eventos com o objetivo de conscientizar e capacitar os profissionais interessados em sustentabilidade (USBC, 2023). Nesse cenário, o *Green International Conference and Expo*, a maior conferência dedicada a edifícios verdes, torna-se um importante meio de expansão do movimento sustentável. A Figura 6 mostra o crescimento acelerado a partir do ano de 2005, mantendo-se ativo até 2023.

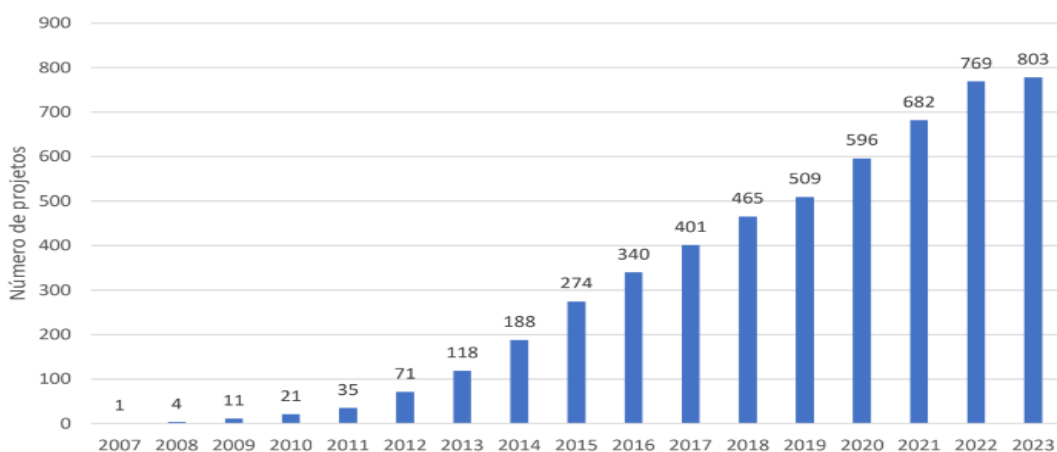
Figura 6 - Empreendimentos com Certificação LEED no mundo



Fonte: USGBC, 2023

Em 2007, o USGBC estabelece, no Brasil, o GBCB (*Green Building Council Brasil*). O conselho brasileiro tem como base quatro pilares: 1) educação, com cursos de capacitação; 2) informação, com divulgações de boas práticas e conhecimentos; 3) certificação, com base em análise de projetos; 4) relacionamento, com estímulo ao *networking* entre os membros. Foram certificados mais de 800 edificações no país (GBCB, 2023), porém o avanço do selo ganhou notoriedade no Brasil apenas a partir de 2012, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Empreendimentos com Certificação LEED no Brasil



Fonte: USGBC, 2023

A certificação LEED estimula o avanço da cadeia produtiva de construções sustentáveis, envolvendo projetistas, fornecedores, construtores e futuros usuários nos princípios da certificação (PARDINI, 2009). Ao considerar os custos ao longo do ciclo de vida de um empreendimento desse tipo, desde a fase inicial de planejamento,

o processo ganha uma nova perspectiva, destacando os benefícios ambientais e econômicos agregados (PARDINI, 2009).

Além das vantagens relacionadas à economia de energia, manutenção e operação, há também benefícios significativos para a qualidade ambiental interna dos edifícios (BARROS, 2012). Ambientes com melhor conforto térmico e visual, maior qualidade do ar e acesso à luz natural proporcionam benefícios às empresas que ocupam esses edifícios, incluindo a redução do absenteísmo e o aumento da produtividade dos funcionários (BARROS, 2012). Nas escolas, observa-se uma redução nas faltas e nos atrasos de alunos e funcionários (BARROS, 2012).

2.3. Análises de custo-benefício de adequação à certificação LEED

O crescimento econômico é um dos conceitos fundamentais da sustentabilidade. Nessa condição, Li, Fang e Yang (2021) fizeram estudo sobre a valorização dos imóveis certificados pelo LEED e os imóveis não certificados na China. Outro estudo, realizado por Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2020), analisou os custos médios para a implementação da certificação LEED em edifícios em comparação ao custo inicial da obra.

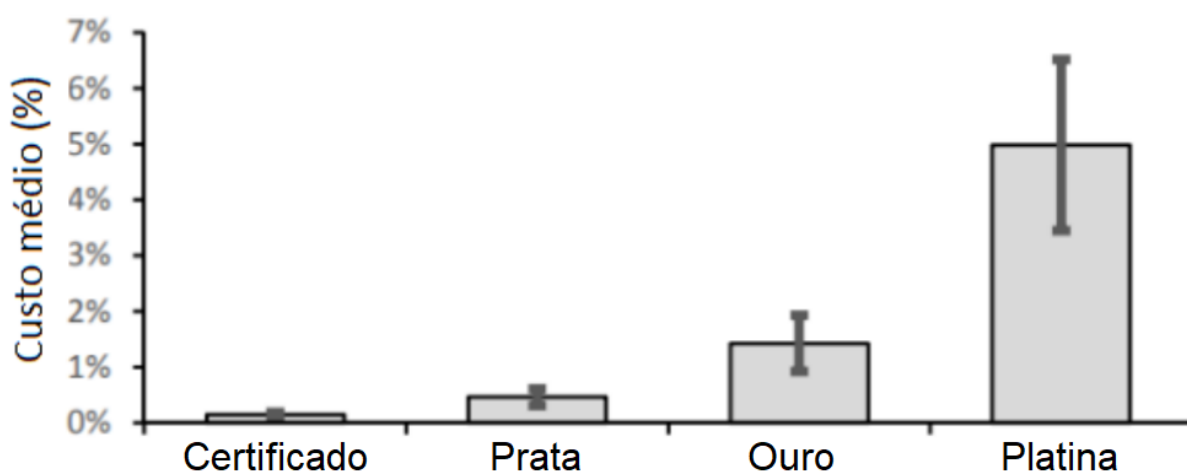
Conforme estudos realizados por Li, Fang e Yang. (2021), comparando 50 edifícios certificados com 50 edifícios não certificados nas cidades de Hangzhou, Pequim, Shenzhen, Wuhan e Xangai, todas localizadas na china. As cidades escolhidas têm localidade espalhadas no território chinês: norte, sul, centro e leste do país. Foi utilizado o modelo de precificação hedônica, que determina o preço total de um edifício como a soma dos preços implícitos de suas características. Também foi considerado parâmetros como idade do edifício, o número de pavimentos, a área construída, a classe do edifício, o número de pavimentos, a produtividade econômica da região, a taxa de vacância e a adesão ao LEED. Assim, através de regressões lineares, estimaram os coeficientes associados a cada variável do preço de aluguel.

Os resultados dos estudos de Li, Fang e Yang (2021) mostraram correlações positivas entre o valor dos alugueis, área total construída, classe do edifício, taxa de vacância e a certificação LEED. A análise também revelou que na amostra estudada,

o custo de aluguel em empreendimentos com certificação LEED é, em média 19,5% maior do que o de edifícios sem certificação.

A partir dos estudos realizados por Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2020), que analisou o custo médio de implementação da certificação LEED, expressos como porcentagem do custo inicial do edifício. Os resultados apresentados na Figura 8 mostram a variação desses custos de acordo com o nível de certificação obtido.

Figura 8 - Custo médio adequação de projetos ao LEED com base no valor total da obra



Fonte: Adaptado de Elkhapery, Kianmehr e Doczy, 2020

Conforme as análises demonstradas pelos autores o custo de implantação entre os níveis Certificado, e Ouro é insignificante. Os autores também analisaram as variações nos custos de implantação entre os edifícios novos, construídos após 2014, e edifícios antigos, construídos entre 2000 e 2014. Concluiu-se que para todos os níveis de certificação, os custos são maiores para empreendimentos antigos, sugerindo que as construções mais recentes já incorporam tecnologias mais sustentáveis e eficientes. Em todos os cenários o custo de implementação é recuperado por meio da economia de água e energia em até sete anos.

Conforme estudo realizado por AlAwam e Alshamrani (2021), que analisaram o custo de implementação de medidas de sustentabilidade necessárias para garantir a certificação LEED em edifícios residenciais. Foi analisado o valor monetário de 200 edifícios estadunidense e canadense, levou-se em consideração o nível de certificação, a área construída e o tipo de edificação. O estudo abrangeu edificações comerciais, residenciais e escolares, mas será abordado apenas os índices referentes

aos edifícios residenciais. Os custos de implementação das medidas de sustentabilidade e os custos iniciais das construções foram estimados por meio de uma análise estocásticas utilizando o método Monte Carlo. Os empreendimentos residenciais certificados ouro e platina apresentaram os seguintes custos médios para de créditos LEED por metro quadrado: 1) Certificado LEED ouro 46,17 dólares por crédito e desvio padrão de 22,67; 2) Certificado LEED platina 32,83 dólares por metro quadrado e desvio padrão de 13,52. Entre todas as comparações os créditos de empreendimentos residenciais foram os que apresentaram menor risco e menor custo por crédito.

2.4. Desempenho inferior ao previsto na Certificação LEED.

As tendências atuais em relação ao tema de construção sustentável envolvem a obtenção de certificações que confirmam os requisitos de um empreendimento verde. No entanto, muitos edifícios rotulados como verdes frequentemente refletem apenas esforços para reduzir a energia incorporada. Além disso, os empreendimentos, em muitos outros aspectos, são convencionais, tanto na aparência quanto no processo construtivo. Por outro lado, há o questionamento sobre a eficiência efetiva após a certificação, pois em alguns casos não há redução efetiva do uso de recursos, como energia elétrica e água potável (MMA, 2023).

Torcellini *et al.* (2004) realizaram análise de seis edifícios com Certificação LEED, nos EUA. No estudo foram monitorados os fluxos de energia, abrangendo iluminação, sistemas de ventilação e ar condicionado, bem como as cargas elétricas das tomadas, ao longo de pelo menos um ano. Os dados foram registrados a cada 15 minutos e utilizados para ajustar modelos de simulação de energia. A avaliação revelou que, embora todos os edifícios apresentassem um desempenho abaixo do previsto em projeto, todos alcançaram economias significativas em custos ou consumo de energia, em comparação com um edifício similar em conformidade com os códigos convencionais. Os pesquisadores sugeriram que a disparidade entre as economias previstas e reais resultou de cargas de ocupação mais elevadas do que o esperado, bem como de sistemas que não operavam em harmonia conforme planejado. Além disso, as horas de funcionamento e as temperaturas nos espaços dos edifícios variaram em relação ao planejamento inicial. Portanto, os autores

concluíram que os projetistas tinham uma visão otimista quanto ao comportamento dos ocupantes e à integração efetiva dos sistemas.

Conforme indicado na Tabela 1, Diamond *et al.* (2006) examinaram 21 edifícios certificados pelo LEED (LEED-NC Versão 2.0/2.1). A utilização efetiva de energia foi determinada a partir dos registros de faturamento dos serviços públicos. Os dados energéticos modelados para os edifícios conforme projetados e os dados de referência foram obtidos dos documentos de certificação LEED submetidos ao USGBC. Entre os 18 edifícios que compararam a simulação do projeto com os dados reais de consumo de energia, o consumo de energia foi 1% inferior às previsões modeladas, que estavam 27% abaixo da linha de base. Conforme a Tabela 3, houve considerável variabilidade, com desvio padrão de 46% na relação da fatura atual do prédio dividido pelo modelado. Apesar de alguns empreendimentos apresentarem desempenho de eficiência energética superior ao previsto em no modelo. Tiveram projetos que desempenharam de forma consideradamente inferior ao modelado. Além disso, o número de créditos de energia LEED conquistados na certificação não apresentou correlação com o consumo real de energia por área útil. Os autores recomendaram a necessidade de uma coleta e divulgação abrangente de dados modelados versus dados reais de consumo de energia, visando reduzir a lacuna entre a simulação do projeto e o desempenho real dos edifícios construídos.

Tabela 3 - Consumo de energia comparativo de um cenário modelado e atual, com a pontuação energética do LEED NC.

ID	PC (KBTU/ft ² .ano)	EPIM (KBTU/ft ² .ano)	PM/P (%)	FEIA (KBTU/ft ² .ano)	PIAF/ M (%)	P LEED cat. EE
1	63	81	78	47	75	5
2	76	114	67	52	68	6
3	35	54	65	61	174	4
4	66	95	69	98	148	3
5	154	212	73	48	--	3
6	69	94	73	48	70	4
7	56	86	65	44	79	3
8	68	89	76	78	115	4

Tabela 3 - Consumo de energia comparativo de um cenário modelado e atual, com a pontuação energética do LEED NC (continuação).

ID	PC (KBTU/ft ² .ano)	EPIM (KBTU/ft ² .ano)	PM/ P (%)	FEIA (KBTU/ft ² .ano)	PIAF/ M (%)	P LEED cat. EE
9	52	77	68	48	92	4
10	168	205	82	158	94	4
11	69	89	78	69	100	0
12	79	--	0	73	92	2
13	125	172	73	22	18	10
14	113	157	72	70	62	1
15	265	127	209	128	48	3
16	171	219	78	507	--	3
17	353	--	0	357	101	--
18	267	496	54	271	101	2
19	149	208	72	290	--	3
20	27	32	84	33	122	2
21	46	--	0	103	224	--
N	18	15	15	18	15	16
Méd	118	145	75	124	99	3
M_d	76	104	72	70	93	3
D_p	85	102	37	124	46	2
Min.	27	32	0	22	18	0
Máx	353	496	209	507	224	10

Fonte: Torcellini et al., 2004

Onde:

ID é o identificador;

PC é o Projeto de construção;

EPIM é o Edifício padrão inteiro modelado;

PM/P é o Projeto modelado/padrão;

FEIA é a Fatura do edifício inteiro atual;

PIAF/M é o Prédio inteiro atual fatura/modelado;

P LEED Cat. EE é a Pontuação LEED categoria eficiência energética.

N é o número de projetos;

Méd é a média;

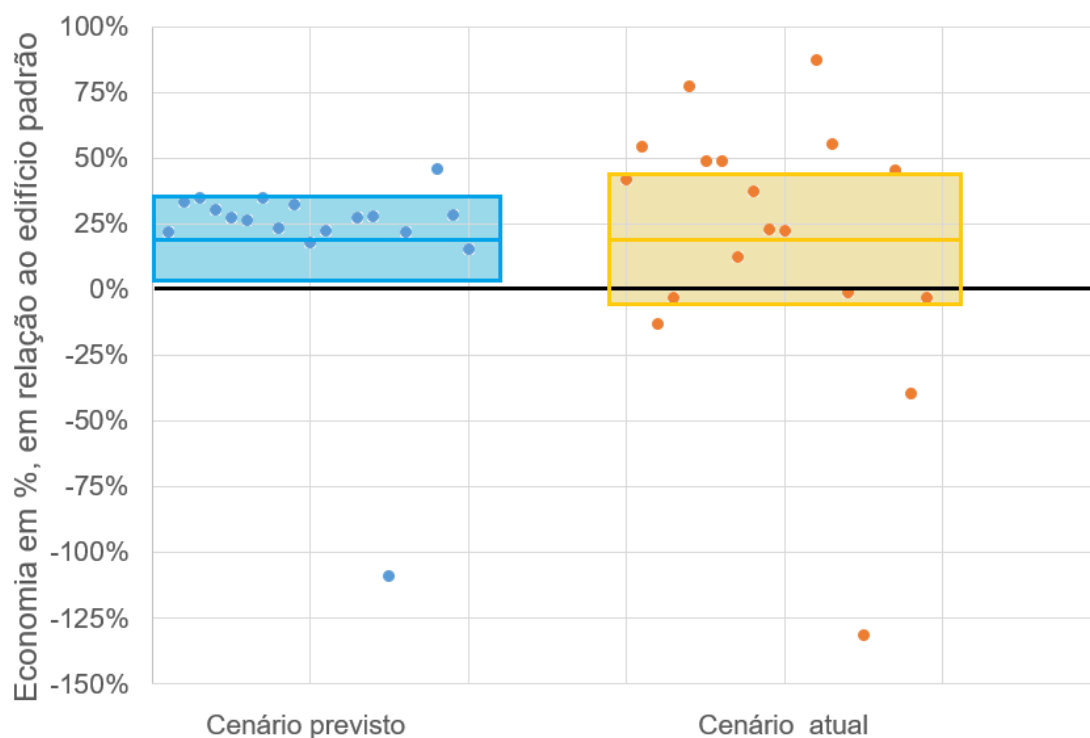
M_d é a moda;

D_p é o desvio padrão;

Min é o mínimo;

Máx é o máximo.

Figura 9 - Economia de energia em prédios com Certificação LEED



Fonte: Adaptado de Torcellini et al., 2004

Infere-se, portanto, que o número de pontos creditados ao LEED NC da categoria energia e atmosfera em eficiência energética do modelo de projeto, não obteve o mesmo resultado com o projeto real em operação. Nestes casos deve-se tomar outras medidas para minimizar o gasto energético e verificar se não há perdas no sistema. Assim, evidencia que a certificação verde baliza o projeto para um desenho mais sustentável, porém em alguns casos pode não cumprir fielmente como projetado.

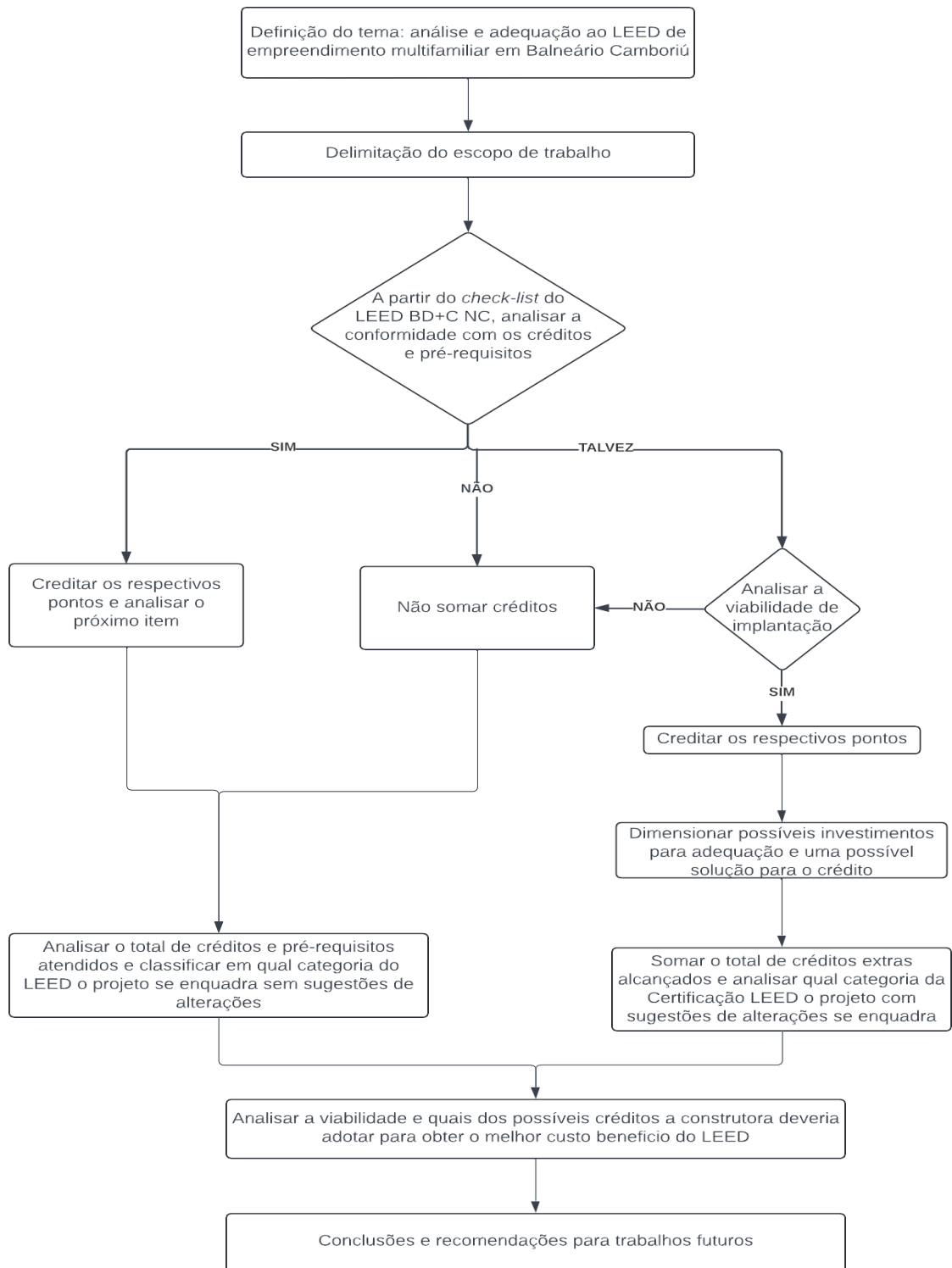
3. MÉTODO

3.1. Considerações iniciais

Este capítulo discorre sobre os métodos empregados no desenvolvimento do trabalho, analisando o desempenho na Certificação LEED de um edifício multifamiliar em Balneário Camboriú e comparando-o com as alterações propostas para adequação à certificação verde para verificar a viabilidade das adequações da certificação.

O método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho teve como base três frentes: 1) análise dos créditos da Certificação LEED aplicados a um edifício em Balneário Camboriú/SC; 2) sugestões de adequações para creditar mais pontos no *checklist* do LEED e 3) verificar a viabilidade financeira para as alterações propostas. A Figura 10 é mostrado o fluxograma do método proposto para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 10 - Fluxograma do método proposto



Fonte: De autoria própria, 2024

O fluxograma da Figura 10 expõe dois cenários: o primeiro refere-se ao projeto analisado sem alterações para adequação ao LEED, onde será realizada a análise dos créditos e pré-requisitos conforme o projeto original. O segundo descreve o

cenário ideal com sugestões de alterações para a adequação à certificação, revisando os pontos que possivelmente podem ser atingidos pela edificação, porém não foram contemplados no projeto original. Essa abordagem permite uma comparação entre a situação atual e as possíveis melhorias necessárias para alcançar os objetivos de certificação desejados.

Dessa forma, os créditos inicialmente considerados como "possíveis" serão sujeitos a análise técnica detalhada, com o objetivo de elaborar soluções viáveis para atender aos requisitos desses créditos. Na etapa seguinte, será dimensionada a viabilidade financeira para cada solução e avaliação em qual categoria seria o ideal para sugerir ao projeto considerando a viabilidade financeira e o estágio avançado de construção do empreendimento.

3.2. Análise dos créditos da Certificação LEED para o projeto original

O diagnóstico consistirá na análise e aplicação dos critérios de pontuação do *checklist* LEED BD+C versão 4. Serão avaliados os critérios atendidos e não atendidos pelo projeto em sua concepção original. Será elaborada uma tabela adaptada do modelo do LEED, onde na primeira coluna serão marcados "S / P / N", representando, respectivamente, "sim" para critérios atendidos, "possível" para critérios não inicialmente atendidos, mas que podem ser contemplados após alteração do projeto, e "não" para itens que, devido a características específicas do projeto ou sua localização, não podem ser atendidos. A análise será baseada no projeto arquitetônico, complementares e outros documentos relacionados, como memoriais descritivos e planilhas orçamentárias.

Em seguida, serão listados os pontos potenciais a serem obtidos com o cumprimento do respectivo pré-requisito. As tabelas serão organizadas de acordo com os principais grupos estabelecidos pelo LEED, conforme descrito na referência bibliográfica. Após a apresentação de cada tabela, será conduzida uma análise descritiva de cada item. Nessa análise, serão destacadas as características do projeto que determinam sua capacidade de atender ou não aos créditos e pré-requisitos.

Essa fase será concluída com a exposição de potenciais cenários para certificação, categorizados como Certificado, Prata, Ouro ou Platina do LEED. Esses

cenários são determinados com base no cumprimento de créditos que foram prontamente atendidos pelo empreendimento em análise.

3.3. Análise dos créditos da Certificação LEED para o projeto com sugestões

Após a realização da análise do projeto original determinando as limitações e possíveis créditos a serem atendidos, será iniciada a reanálise e adequação do projeto a fim de adequar o projeto aos créditos considerados “possíveis”. O objetivo dessa parte do trabalho é adequar-se ao máximo de créditos possíveis para aumentar a categoria de avaliação na Certificação LEED. Porém será levado em consideração o custo benefício de cada crédito para ser atingido, pois se houver a necessidade de alguma mudança estrutural, ou de altíssimo custo, ou para adquirir pontuação que não será suficiente para alcançar o próximo nível será considerada inadequada.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Apresentação do projeto

Neste capítulo será apresentado o projeto referencial, objeto do estudo em si, e será feita análise do desempenho para o empreendimento nos parâmetros do LEED BD+C versão 4. O projeto de estudo é um edifício denominado Fistarol *Residence Tower*, situado na cidade de Balneário Camboriú, em Santa Catarina. O edifício compreende 20 andares, com os seguintes pavimentos: térreo com mezanino, destinados a lojas comerciais e à entrada do edifício, além de quatro pavimentos de garagens e o Pilotis que abriga a área de lazer, perfazendo 3.695,52 m² de embasamento do prédio. Na torre, acima do embasamento, há 13 pavimentos tipo com dois apartamentos por andar, sendo os últimos dois andares diferenciados com apenas um apartamento por andar e área de 274,40 m² por pavimento, perfazendo área computável de apartamentos 3.567,15 m² e área construída total do empreendimento de 7.645,02 m². No primeiro semestre de 2024, o empreendimento encontrava-se em fase de acabamento e com previsão de conclusão para o início de 2025. A obra foi idealizada e executada pela FGF Construtora e Incorporadora, majoritariamente com mão de obra própria e sob responsabilidade técnica do Engenheiro Civil Bruno Guerreiro Fistarol.

A Figura 11 mostra a fachada leste do edifício que está localizada na Rua 3550, Centro – Balneário Camboriú, SC. Nota-se uma pele de vidro no centro da edificação que vai do primeiro pavimento de garagem ao último pavimento tipo, o que viabiliza ótima iluminação e sol da manhã à boa parte do edifício.

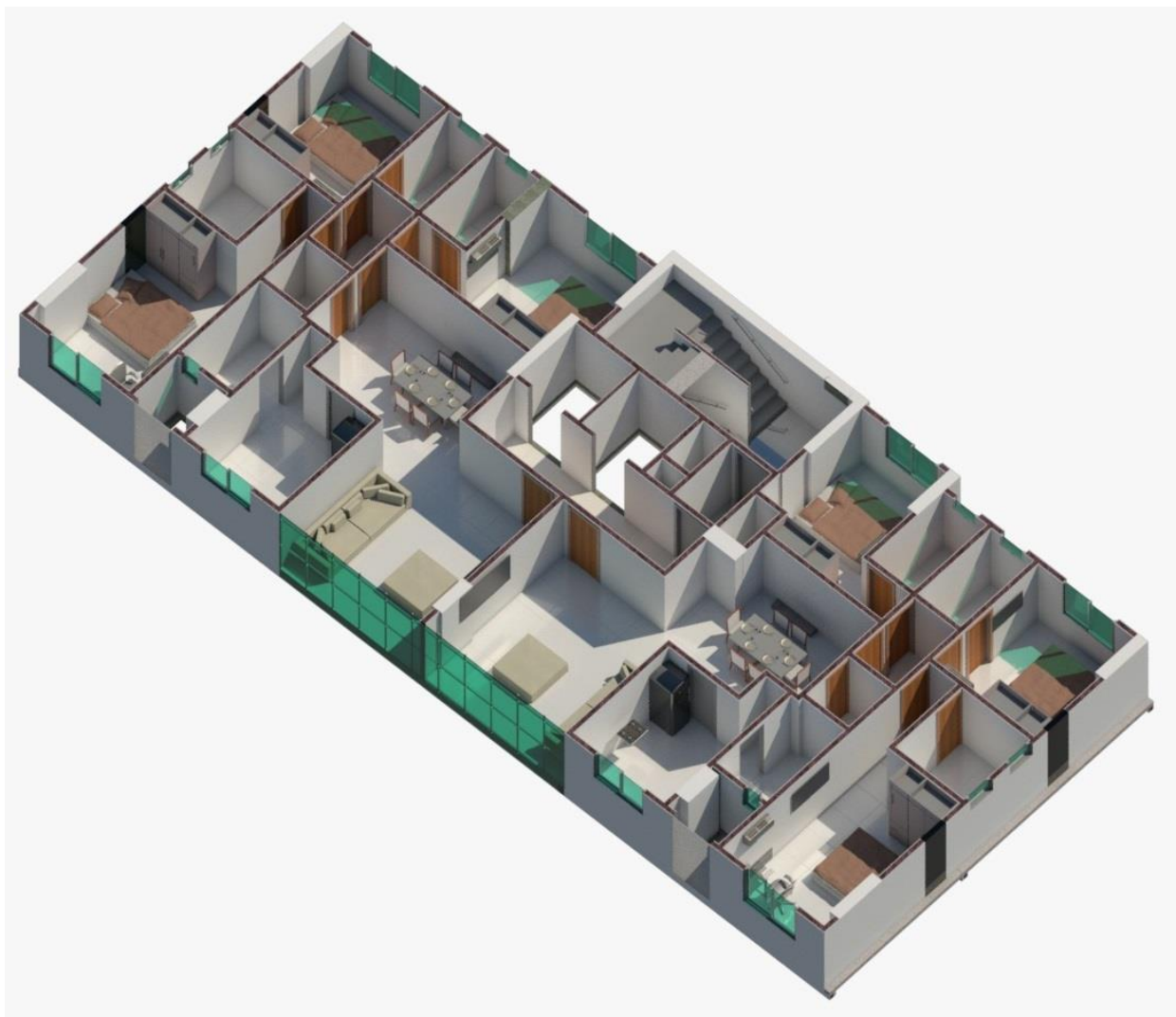
Figura 11 – Fachada sul/leste em 3D



Fonte: De própria autoria, 2024

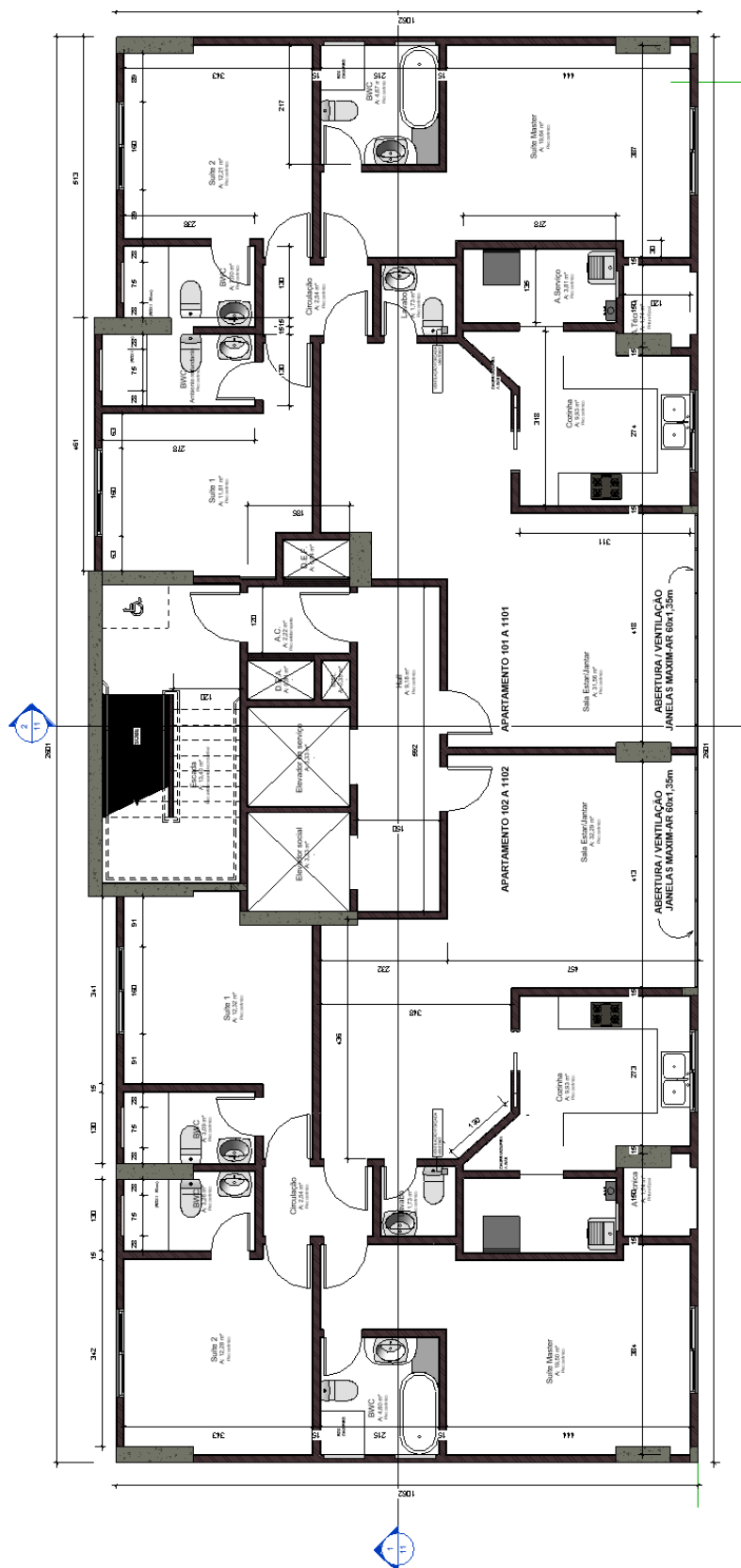
Na Figura 12 e na Figura 13, pode-se observar a planta, em isométrico, do pavimento tipo padrão em 3D, com dois apartamentos no andar e a planta baixa, respectivamente. Assim como na Figura 14 e na Figura 15, que observa-se a planta, em isométrico, do pavimento tipo diferenciado em 3D, com apenas um apartamento no andar e a planta baixa do mesmo pavimento, respectivamente.

Figura 12 - Isométrico 3D pavimento tipo padrão (fachada norte localizada no canto inferior direito da imagem)



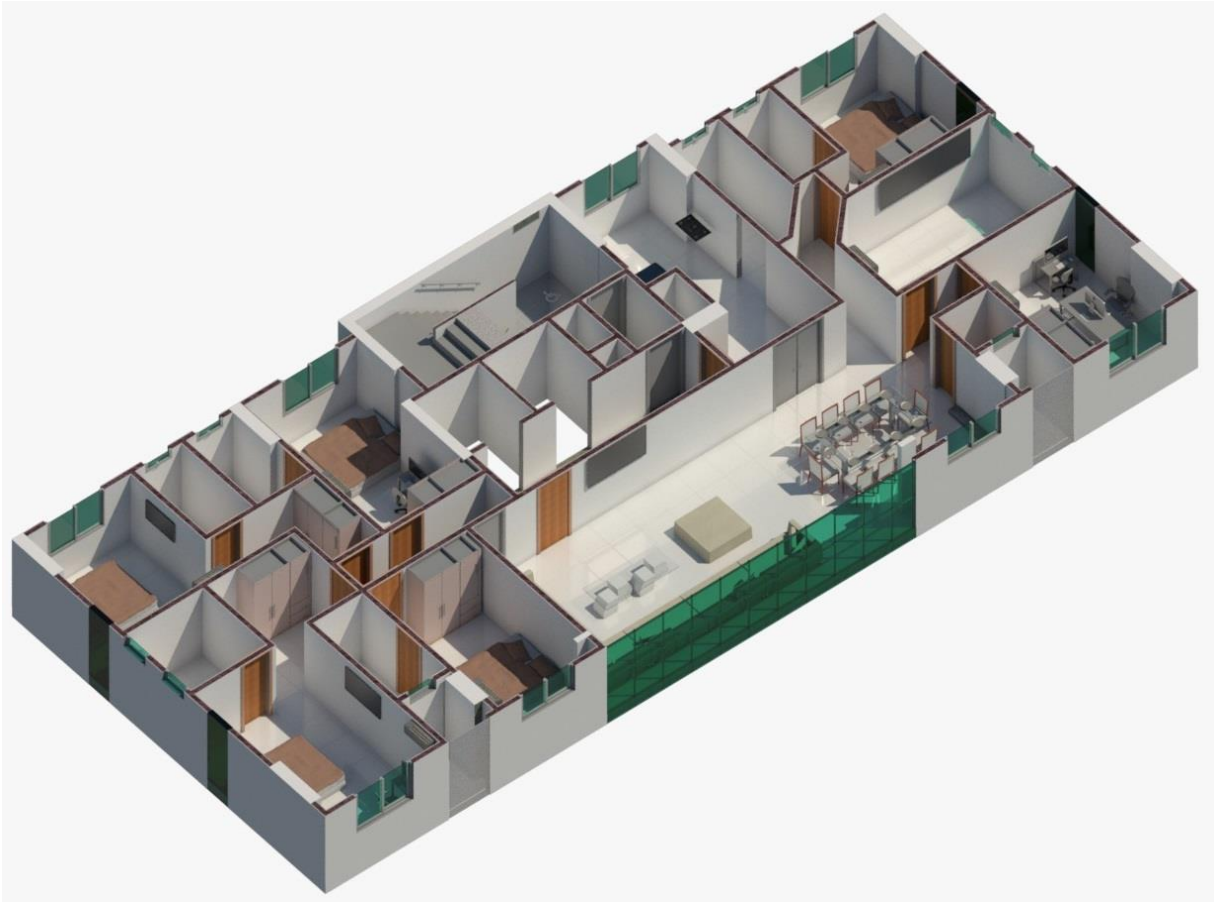
Fonte: De autoria própria, 2024

Figura 13 - Planta baixa pavimento tipo padrão (fachada norte na parte superior da imagem)



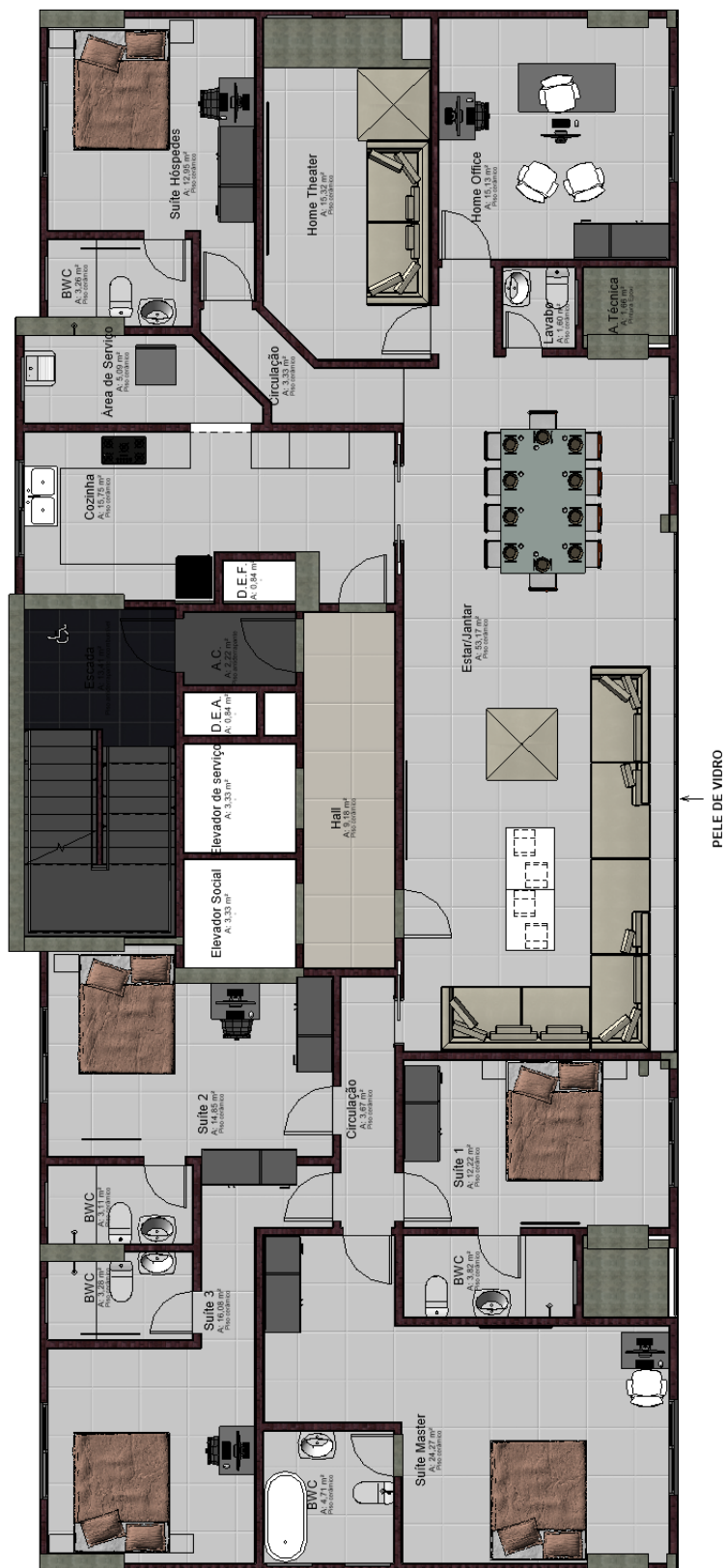
Fonte: De autoria própria, 2024

Figura 14 – Isométrico 3D pavimento tipo diferenciado (fachada norte no canto superior direito da imagem)



Fonte: De autoria própria, 2024

Figura 15 - Planta baixa pavimento tipo diferenciado (fachada norte na parte superior da imagem)



Fonte: De autoria própria, 2024

Figura 16 - Planta baixa pavimento lazer (fachada norte na parte superior da imagem)



Fonte: De autoria própria, 2024

4.2. Análise do projeto quanto aos requisitos LEED NC

Nesta etapa do trabalho serão apresentadas as tabelas adaptadas de *checklist* de cada categoria do LEED para o projeto, juntamente com suas análises correspondentes conforme descrito no método. A descrição de cada item segue as diretrizes do LEED v4 para Projeto e Construção de Edifícios (USGBC, 2013). Nas três primeiras colunas, os critérios são avaliados quanto ao seu atendimento: Sim (S), Possível (P) e Não (N). Nas colunas subsequentes, são descritos o crédito e o respectivo valor de cada crédito. Contudo, segundo o LEED v4, o cumprimento de um critério nem sempre garante a pontuação máxima, dependendo do desempenho ou de outras métricas estabelecidas (GBCB, 2018). Na última coluna, são apresentados os pontos obtidos pelo projeto durante a análise. O somatório dos pontos obtidos estão na última linha da tabela. Os pontos na coluna do “possível” serão os pontos atendidos devido sugestões de ações necessárias para atender ao crédito.

4.2.1. Localização e Transporte (LT)

Tabela 4 - Localização e transportes

S	P	N	Localização e Transporte (LT)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
		0	Crédito	Localização do LEED <i>Neighborhood</i>	16	0
1			Crédito	Proteção de áreas sensíveis	1	1
		0	Crédito	Local de alta prioridade	2	0
5			Crédito	Densidade do entorno e usos diversos	5	5
		0	Crédito	Acesso ao trânsito de qualidade	5	0
1			Crédito	Instalações para bicicletas	1	1
	1		Crédito	Redução de área de projeção de estacionamento	1	1
1			Crédito	Veículos verdes	1	1
8	1	0	Pontuação total		16	9

Fonte: Adaptado de USGBC, 2023

4.2.1.1. Crédito LT – Localização do LEED *Neighborhood* (16 pontos):

Objetivo: Evitar a construção em terrenos inadequados, reduzir a distância percorrida por veículos e promover atividades físicas diárias para aumentar a qualidade de vida e melhorar a saúde humana (GBCB, 2014).

Requisitos: O projeto deve estar localizado dentro de um empreendimento certificado pelo LEED para desenvolvimento de bairros (GBCB, 2014).

Como o projeto não se encontra inserido em um bairro certificado pelo LEED, não possui o atendimento deste crédito.

4.2.1.2. Crédito LT – Proteção de áreas sensíveis (1 ponto):

Objetivo: Evitar a construção em terrenos ambientalmente sensíveis e reduzir o impacto ambiental do local de um edifício em um terreno (GBCB, 2014).

Requisitos: Há duas opções possíveis para atender a esse crédito, conforme o manual do GBCB (2014):

- Opção 1: Localizar a área de projeção do edifício em um terreno previamente desenvolvido (GBCB, 2014);
- Opção 2: Localizar a área de projeção do edifício em um terreno que não atenda aos seguintes critérios sensíveis (GBCB, 2014):
 - Ocupação de terra agrícola exclusiva ou de importância local;
 - Planícies alagáveis, uma área com histórico de enchentes, ou probabilidade maior que 1% de alagamento por ano;
 - Terra de *habitat* natural de espécies ameaçadas de extinção, ou comunidades ecológicas;
 - Corpos d'água, áreas em distância menor do que 30 metros de um corpo d'água.

Como o projeto encontra-se em um terreno previamente desenvolvido e localizado em um centro urbano, portanto o empreendimento possui o atendimento deste crédito e soma um ponto.

4.2.1.2. Crédito LT – Local de alta prioridade (1 a 2 pontos):

Objetivo: Promover a localização do projeto em áreas com restrições de desenvolvimento e incentivar a melhoria da saúde nos arredores da região (GBCB, 2014).

Requisitos: Há três opções possíveis para atender a esse crédito: o terreno pertencer a um bairro histórico (1 ponto), ter designação prioritária como pertencer a uma comunidade de baixa renda (1 ponto) ou estar localizado em áreas abandonadas com solos contaminados (2 pontos) (GBCB, 2014).

Portanto, como o edifício se localiza em uma região central, urbana e de alto poder aquisitivo o projeto não se enquadra neste crédito.

4.2.1.3. Crédito LT – Densidade do entorno e usos diversos (1 a 5 pontos):

Objetivo: Promover a preservação do solo e proteger as terras agrícolas e habitats da vida animal ao incentivar empreendimentos em áreas com infraestrutura já existente. Estimular a mobilidade a pé, a eficiência dos transportes e a redução da distância percorrida por veículos. Melhorar a saúde pública ao incentivar a prática regular de atividades físicas (GBCB, 2014).

Requisitos: Há duas opções possíveis para atender a esse crédito: densidade do entorno (2 a 3 pontos) e usos diversos (1 a 2 pontos). Se as duas forem atendidas podem-se somar as pontuações e atingir até 5 pontos neste crédito (GBCB, 2014).

- Opção 1, densidade do entorno: o projeto deve se localizar em um terreno que tenha dentro do raio de 400 metros as densidades conforme mostra a Tabela 5 (GBCB, 2014).

Tabela 5 – Pontos de densidade média a 400 metros do projeto

Densidade combinada	Densidades residenciais e não residencial separadas		Pontos
m ² / (ha de terreno edificável)	Densidade residencial (UH/ha)	Densidade não residencial (FAR)	
5.0050	17,5	0,5	2
8.035	30	0,8	3

Fonte: USGBC, 2023

Onde:

UH é a unidade habitacional;

ha é a grandeza de hectare;

FAR é o coeficiente de aproveitamento.

- Opção 2, usos diversos: construir um edifício que a entrada principal do empreendimento diste 800 metros de caminhada da entrada principal de quatro a sete (1 ponto) ou oito ou mais (2 pontos) de usos diversificados existentes e disponíveis publicamente (GBCB, 2014).

De acordo com o mapa, analisando os arredores da edificação encontram-se com facilidade muitos serviços e unidades habitacionais. Portanto, o projeto atende tanto a opção 1, quanto a opção 2. Somam-se cinco pontos.

4.2.1.3. Crédito LT – Acesso a transporte de qualidade (1 a 5 pontos):

Objetivo: Estimular empreendimentos em áreas que ofereçam opções de transporte multimodal ou que promovam a redução do uso de veículos motorizados. Isso visa diminuir as emissões de gases do efeito estufa, a poluição atmosférica e outros impactos ambientais e de saúde pública relacionados ao uso de veículos movidos a motor (GBCB, 2014).

Requisitos: Para atender a este crédito o edifício deve estar localizado a menos de 400 metros de pontos de ônibus, ou trem, ou a distância máxima de 800m de um sistema de ônibus rápido (BRT) (GBCB, 2014).

A cidade de Balneário Camboriú tem o transporte público municipal muito discreto, com apenas 3 linhas de ônibus e com a parada mais próxima a 900 metros do edifício. Então, o projeto não se enquadra aos requisitos de acesso ao transporte desse crédito.

4.2.1.4. Crédito LT – Instalação para bicicletas (1 ponto):

Objetivo: Estimular o uso de bicicletas para locomoção, aprimorar a eficiência dos sistemas de transporte e reduzir a distância percorrida por veículos. Melhorar a saúde pública ao incentivar atividades físicas tanto utilitárias quanto recreativas (GBCB, 2014).

Requisitos: uma entrada funcional ou o depósito de bicicletas fique a uma distância de 180 metros de uma rede de bicicletas que se conecte a pelo menos um dos seguintes itens: 10 usos diversos, uma escola, ou um ponto de BRT. Todos os destinos devem estar a uma distância de 4.800 metros do limite do projeto (GBCB, 2014).

Quanto ao depósito de bicicletas para projetos residenciais, deve-se oferecer um depósito de curto prazo para pelo menos 2,5% dos visitantes em horários de pico, mas com no mínimo quatro vagas de armazenamento por edifício. Além disso, oferecer um depósito de bicicletas de longo prazo para pelo menos 30% de todos os ocupantes regulares do edifício, mas com no mínimo uma vaga de armazenamento por unidade habitacional (GBCB, 2014).

O projeto em estudo atende a todos os requisitos citados anteriormente, tanto o que se refere aos espaços para guardar as bicicletas, quanto à rede de bicicleta liando mais de 10 usos diversos. A saída funcional para bicicletas do edifício tem a distância de 45 metros até a malha ciclo viária que liga a muitos serviços da região. Portanto, o projeto atende ao crédito e soma um ponto.

4.2.1.4. Crédito LT – Redução da área de projeção do estacionamento (1 ponto):

Objetivo: Reduzir os impactos ambientais relacionados às áreas de estacionamento, como a dependência excessiva de veículos, a utilização de espaços de terra e o escoamento superficial de águas pluviais (GBCB, 2014).

Requisitos: não exceder os requisitos mínimos do código local de capacidade de estacionamento. O projeto deve oferecer redução na capacidade de estacionamento. Como o projeto encontra-se em uma zona densamente habitada, deve-se reduzir em 40% o número de vagas de automóveis em relação à quantidade máxima permitida. Deve-se também destinar 5% das vagas de estacionamento para visitantes, após a redução de 40% das vagas (GBCB, 2014).

Neste critério o projeto em análise não está em conformidade com os requisitos mínimos de redução de 40% das vagas de estacionamento. Apesar do projeto apresentar 4 andares de garagem, podendo ter até 5, o que significa redução de 20% das vagas, sugere-se reduzir mais um andar de garagem ficando apenas com 3 pavimentos de garagens. Assim, o projeto teria mais espaço para abrigar áreas de lazer para os moradores e reduziria a potencial utilização de carros. Portanto, com essa sugestão de alteração com a redução de vagas de garagens o projeto soma um ponto.

4.2.1.5. Crédito LT – Veículos verdes (1 ponto)

Objetivo: Diminuir a poluição nos centros urbanos ao incentivar a utilização de veículos movidos a combustíveis alternativos, como carros elétricos (GBCB, 2014).

Requisitos: Designar ao menos 5% das vagas de estacionamento de uso preferencial para veículos verdes. Para cumprir o requisito desse crédito deve-se atender a uma das duas opções: carga de veículos elétricos, ou instalações para combustíveis líquidos, gás ou baterias (GBCB, 2014).

- Opção1, carga de veículos elétricos: instalar equipamentos de alimentação para veículos elétricos em 2% de todas as vagas de estacionamento do projeto (GBCB, 2014).
- Opção 2, instalações para combustíveis líquidos, gás ou baterias: oferecer instalações de abastecimento de combustíveis alternativos líquidos ou gasosos

ou um posto de troca de baterias capazes de reabastecer um número de veículos por dia igual a pelo menos 2% das vagas existentes (GBCB, 2014).

O empreendimento em análise está de acordo com esse crédito, pois todas as vagas de estacionamento do projeto tem instalações para o carregamento de carros elétricos com a utilização de energia individualizada respectivamente para cada apartamento proprietário da garagem. Portanto, o projeto atende o crédito de veículos verdes e soma um ponto.

4.2.2. Terrenos Sustentáveis (SS)

A escolha do terreno tem grande impacto no desenvolvimento de um edifício ao longo da sua vida útil e como o edifício coexiste com o ecossistema local e com os serviços ecossistêmicos. O projeto deve contribuir para restaurar elementos do terreno, integrando com os ecossistemas locais e regionais, assim como preservar a biodiversidade que os sistemas naturais se apoiam (UNEP, 2001).

Nesta categoria, serão contempladas medidas para mitigar a poluição durante a fase de construção do empreendimento, com o intuito de reduzir a erosão do solo, a sedimentação de cursos d'água e a emissão de partículas no ar (GBCB, 2018).

Tabela 6 - Terrenos sustentáveis

S	P	N	Terrenos Sustentáveis (SS)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
S			Pré-requisito	Prevenção da poluição na atividade da construção	Obrigatório	Obrigatório
1			Crédito	Avaliação do terreno	1	1
	2		Crédito	Proteção ou restauração do habitat	2	2
	1		Crédito	Espaço aberto	1	1
3			Crédito	Gestão de águas pluviais	3	3
	2		Crédito	Redução de ilhas de calor	2	2
1			Crédito	Redução da poluição luminosa	1	1
5	5	0	Pontuação total		10	10

Fonte: Adaptada de USBC, 2023

4.2.2.1 Pré-requisito SS - Prevenção à poluição durante a obra:

Para atender esse pré-requisito, item obrigatório para a certificação, deve-se criar um plano de erosão e sedimentação para todas as atividades de construção a fim de reduzir a poluição derivada das atividades de construção com a prevenção da sedimentação em cursos d'água e redução da geração de poeira (USGBC, 2023).

O projeto em estudo contempla esse pré-requisito, porém não há um plano de prevenção detalhado, apenas processos bem definidos pelos encarregados. Pode-se citar exemplos como lavagem de pneus de caminhões ao sair da obra, bem como lavagem da calçada após serviços de concretagem, ou descarregamento de material pulverulento. Portanto, a empresa executora da obra deve realizar um memorial descritivo contemplando todos os cuidados utilizados na obra.

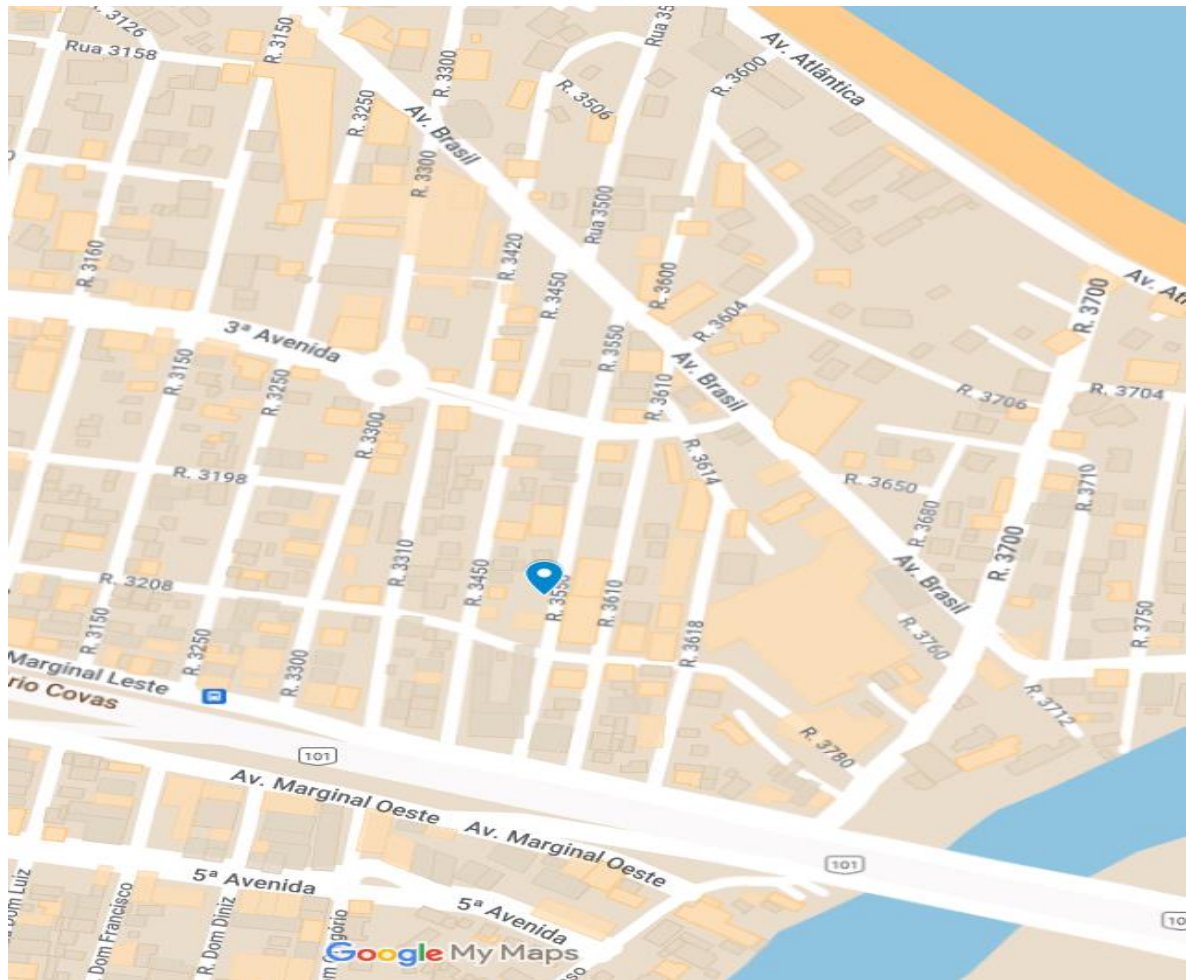
4.2.2.2. Crédito SS - Escolha do terreno (1 ponto):

Neste crédito, o projetista é encarregado de analisar as condições do terreno para considerar opções sustentáveis na concepção de sua implantação, destacando as decisões tomadas em relação às intervenções no terreno. Assim, prevenindo a construção em áreas inadequadas e minimizar o impacto ambiental (GBCB, 2014).

Para evitar ser classificado como um local impróprio, o terreno deve passar por uma avaliação e não se enquadrar nos seguintes critérios: área rural; Terrenos que ainda não foram urbanizados, com uma elevação de menos de 1,5 metros acima do nível de inundação durante um evento de cheia que ocorre a cada 100 anos; Habitat de espécies com ameaça de extinção; Áreas situadas a uma distância de 30 metros de qualquer zona úmida, como manguezais ou pântanos; Terrenos ainda não urbanizados localizados a uma distância de 15 metros de corpos d'água, como o mar, rios ou córregos; Terrenos anteriormente designados como parques públicos, salvo aprovação pelo órgão competente (GBCB, 2014).

O empreendimento em análise localiza-se em um terreno na região central de Balneário Camboriú e tem condições de ser aprovado em todos os parâmetros deste crédito como pode-se observar na Figura 17. Assim, o empreendimento soma um ponto.

Figura 17 – Localização do empreendimento



Fonte: Google mapas (2024)

4.2.2.3. Crédito SS – Desenvolvimento do terreno: proteção ou recuperação do habitat natural (1 a 2 pontos):

Objetivo: desse item, conforme o USGBC (2023), é preservar as áreas naturais existentes e restaurar áreas danificadas para proporcionar habitat e promover a biodiversidade (GBCB, 2014).

Para o atendimento desse crédito há duas opções, sendo a primeira viabilizando 2 pontos se atingida e a segunda opção apenas 1 ponto de crédito (GBCB, 2014).

A primeira opção de atendimento desse crédito deve-se restaurar 30%, incluindo a área de projeção do edifício, de todas as partes consideradas previamente alteradas. Projetos com coeficiente de aproveitamento de 1,5 podem incluir

superfícies de telado com vegetação neste cálculo, utilizando plantas nativas, ou adaptadas (GBCB, 2014);

Outra opção de pontuação é pelo apoio financeiro de pelo menos 4 dólares por metro quadrado da área total do terreno, assim somando 1 ponto (GBCB, 2014).

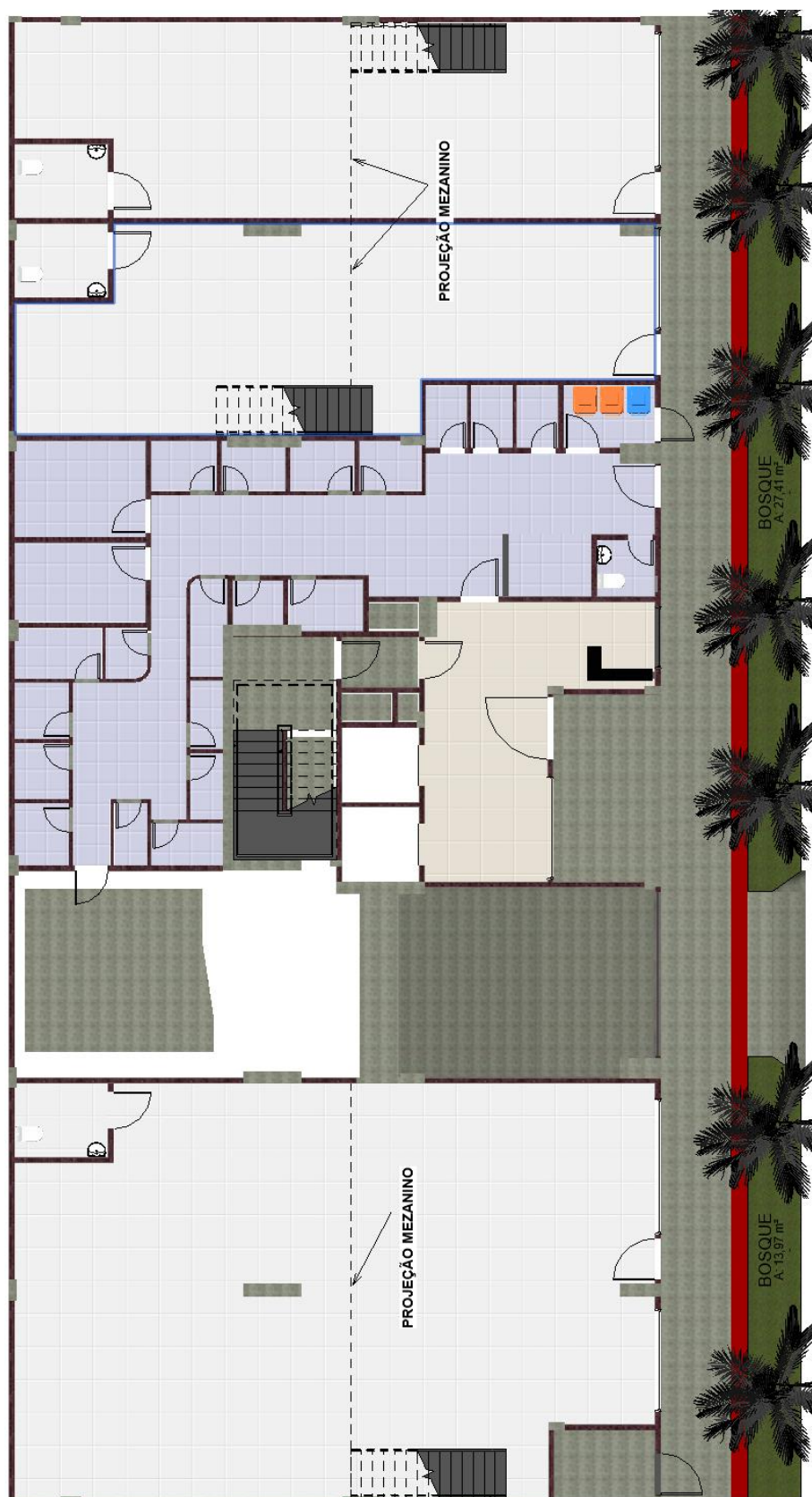
Portanto, como o edifício tem o terreno de 696,73 m², se for optado pela primeira opção deverá ser preservado 209,02m² de área verde com vegetação nativa. Hoje o empreendimento não atende aos critérios do crédito, porém pode ser qualificado com adaptação da área da quadra poliesportiva para um bosque de vegetação nativa que tem 135,69 m², somando com mais três bosques da área da piscina que totalizam 34,15 m² e a área de jardim do passeio 41,38 m², conforme Figura 18 e Figura 19. Assim, totalizando 211,22 m² de área de árvores nativas. Portanto, atingindo o crédito de 2 pontos.

Figura 18 - Pilotis com adaptações e inserção de bosques de vegetação nativa (fachada norte na parte de cima da imagem)



Fonte: de autoria própria (2024)

Figura 19 - Pavimento térreo com bosque de vegetação nativa no passeio
(fachada norte na parte de cima da imagem)



Fonte: de autoria própria (2024)

4.2.2.4. Crédito SS – Espaço aberto (1 ponto):

Objetivo: desenvolver áreas ao ar livre que promovam a conexão com o ambiente natural, interação social, atividades recreativas e exercícios físicos (GBCB, 2014).

- Garantir que pelo menos 30% da área total do terreno seja designada como espaço externo. Desses 30%, no mínimo 25% devem incluir vegetação ou cobertura vegetal aérea (GBCB, 2014).
 - O espaço externo deve ser acessível e conter no mínimo um dos itens a seguir:
 - Área com pavimento ou grama para pedestres, com elementos físicos que promovam atividades sociais ao ar livre;
 - Área com pavimento ou grama destinada à recreação, com elementos físicos do terreno que incentivem atividades físicas;
 - Espaço com jardim com diversidade de vegetação e espécies que proporcione interesse visual durante todo o ano;
 - Jardim dedicado a hortas comunitárias ou agricultura urbana;
 - *Habitat* preservado ou criado que atenda aos critérios do Crédito SS: Desenvolvimento do terreno: proteção ou recuperação do habitat natural.
- Para projetos com coeficiente de aproveitamento de 1,5 e fisicamente acessíveis, telhados com vegetação extensiva podem ser utilizados para atender ao requisito mínimo de 25% de vegetação (GBCB, 2014);
- Zonas úmidas ou lagos projetados naturalmente podem ser considerados como espaços abertos se os gradientes dos taludes laterais forem em média de 1:4 (vertical:horizontal) ou menos e estiverem cobertos por vegetação (GBCB, 2014);

Conforme a Figura 18 e a Figura 19, pode-se observar que o crédito de Espaço aberto é atendido com a área de vegetação acima da mínima de 25% do terreno. O projeto conta também com as piscinas e a academia ao ar livre como espaço externo que promove atividades sociais ao ar livre. Assim, com a sugestão de alteração anterior do projeto, o empreendimento se adequou a este critério, já que antes não possuía 25% de área de vegetação nativa. Portanto, soma-se mais um ponto.

4.2.2.5. Crédito SS – Gestão de águas pluviais (1 a 3 pontos):

Objetivo: diminuir o volume de água escoada superficialmente e aprimorar a qualidade da água por meio da reprodução da hidrologia natural e do equilíbrio hídrico do terreno, tendo como base as condições históricas e os ecossistemas não urbanizados da região (GBCB, 2014).

- Opção 1: Percentil de eventos pluviométricos (GBCB, 2014):
 - Caminho 1: Percentil 95 (2 pontos):
 - Para melhor replicar os processos de hidrologia natural do terreno e gerenciar localmente o escoamento superficial, é necessário utilizar técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) e infraestrutura verde. Isso deve ser feito com base nos dados diários de precipitação e seguindo o método fornecido no *Technical Guidance on Implementing the Stormwater Runoff Requirements for Federal Projects* da Agência de Proteção Ambiental (EPA), conforme estipulado na Seção 438 da Lei de Segurança e Independência Energética dos EUA.
 - O objetivo é gerenciar o escoamento superficial do terreno, especialmente durante eventos de chuva intensa que correspondem ao percentil 95 de eventos pluviométricos regionais ou locais. Essa abordagem visa minimizar o impacto ambiental, replicando os processos naturais de absorção e infiltração de água, reduzindo assim os riscos de inundações e melhorando a qualidade da água.
 - Caminho 2: Percentil 98 (1 ponto)
 - Atenda a opção 1, porém para o percentil 98 de eventos pluviométricos regionais e locais, utilizando o LID e infraestrutura verde.
 - Caminho 3: Apenas projetos de construção na divisa Percentil 85 (3 pontos):
 - Para projetos de construção sem recuo em áreas urbanas com densidade mínima de 1,5, é necessário replicar os processos de hidrologia natural e gerenciar o escoamento superficial localmente. Isso deve ser feito considerando o percentil 85 de

eventos pluviométricos regionais ou locais, utilizando técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) e infraestrutura verde.

- Opção 2, condições de cobertura natural do solo (3 pontos):
 - Gerenciar localmente o aumento do volume de escoamento superficial, passando da condição de cobertura natural do solo para a condição pós-desenvolvimento. Esta exigência se aplica exclusivamente a projetos integrados em um complexo para múltiplos inquilinos. Os critérios do crédito podem ser atendidos por meio de uma abordagem coordenada que afete a área delimitada do projeto dentro dos limites do plano diretor. Portanto, são necessárias técnicas distribuídas com base na abordagem da bacia hidrográfica.

Em muitas cidades o esgoto e as águas de escoamento superficial dividem o mesmo sistema de drenagem, fazendo com que tudo tenha que ser tratado. Reduzir a quantidade de água da chuva que entra no sistema representa uma redução da quantidade de água que precisa ser tratada (GBCB, 2018).

A água da chuva preocupa por dois motivos: quanto ao tempo de escoamento da água, para controle de enchentes e dos reservatórios de água, e quanto ao potencial de contaminação, que pode contribuir para a poluição das águas e lençóis freáticos (GBCB, 2018).

O escoamento superficial de estacionamentos e de prédios podem conter óleo, produtos químicos e outros poluentes que podem contaminar o reservatório de água. Para reduzir a quantidade e para garantir a qualidade da água de escoamento superficial, deve-se reduzir as superfícies impermeáveis, utilizar a água da chuva ou adotar estratégias de baixo impacto (GBCB, 2018).

Conforme os dados coletados do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de uma série histórica de 15 anos, o percentil 85 deu 9,2 mm de chuva por dia, o que significa que em uma área de 696,73 m² de terreno tem-se acúmulo de 6,41m³ de escoamento superficial (INMET, 2024). Porém, considerando que dos 696,73 m² de área de terreno, 75,53 m² são de áreas de vegetação nativa, então o acúmulo de água devido o escoamento superficial de 9,2mm de chuva em 621,20 m² totaliza em 5,72 m³ de água. Portanto, como o projeto em estudo possui uma cisterna de água da chuva de 8,18 m³ e já está previsto a canalização e o aproveitamento da água da chuva para fins como jardinagem e lavagem de calçada, então este crédito já

está de acordo e não será necessário nenhuma sugestão de alteração. Assim, somam-se três pontos.

4.2.2.6. Crédito SS – Redução de ilhas de calor (1 a 2 pontos):

Objetivo: reduzir as ilhas de calor para minimizar os impactos nos microclimas e no ambiente urbano (GBCB, 2014).

Estratégias: Possíveis soluções para redução das ilhas de calor são (GBCB, 2014):

1. Minimizar a taxa de ocupação das construções;
2. Estacionamentos cobertos ou subterrâneos;
3. Telhado com material de alto índice de refletância solar (SRI);
4. Telhados verdes;
5. Garantir sombra de árvores, cobrir estruturas com painéis solares ou material arquitetônico com material de alto SRI;
6. Utilizar pavimentação vazada.

- **Índice de refletância solar (SRI):**

- A refletividade solar, também conhecida como albedo, mede a capacidade de determinado material refletir a luz solar em uma escala de 0 a 1, tendo a tinta preta a refletividade 00 e a tinta branca a refletividade 1 (LAMBERTS, 1988);
- Outro fator de uso de energia é a emissividade. Esta mede quanto calor ou radiação infravermelha um material é capaz de retornar à atmosfera. A emissão de um material refere-se a capacidade de liberar o calor absorvido, e é classificado em uma escala de 0 a 1. A maioria dos materiais para telhado tem valores de emissão acima de 85%, alumínio e metais são materiais com baixo índice de emissão (UEMOTO; SATO; JOHN, 2010);
- O índice de refletividade solar é a combinação métrica desses dois fatores. Quanto maior for o número na escala de 0 a 100, melhor será a classificação. Materiais com alto índice de refletividade solar são as tintas brancas, telha de cimento branco e a pintura branca em um

telhado de metal. Materiais com baixo índice são o asfalto cinza, a telha de cimento não pintado e tijolo de argila vermelha (LAMBERTS, 1988).

- **Telhados verdes**

- Essa estratégia tem múltiplos benefícios (GBCB, 2018):
 - O telhado verde pode durar até três vezes mais do que um telhado convencional;
 - Oferece a vista do jardim para os usuários do edifício;
 - Alguns telhados verdes não requerem que sejam regados, podendo assim absorver até 70% da água da chuva, reduzindo o escoamento e proporcionando uma filtragem natural para a água da chuva;
 - Isolamento térmico e acústico, além de serem muito mais eficientes para a refletividade do que as coberturas comuns. Assim, contribuindo para combater as ilhas de calor.

Opção 1, sem telhado e com Telhado (2 pontos) (GBCB, 2014):

- O seguinte critério deve ser satisfeito:

$$\frac{\text{Área sem telhado}}{0,5} + \frac{\text{Área de telhado com alta refletância}}{0,75} + \frac{\text{Área de telhado com vegetação}}{0,75} \geq \frac{\text{Área pavimentada do terreno}}{\text{Área total do telhado}}$$

- Deve-se utilizar uma das combinações de estratégias a seguir para calcular a área sem telhado (GBCB, 2014):
 - Utilizar material vegetal existente ou instalar plantas que proporcionem sombra sobre áreas pavimentadas, incluindo parques infantis, dentro de um período de até 10 anos após o plantio. Isso deve estar em vigor no momento da obtenção da licença de ocupação, excluindo gramados artificiais e utilizando vasos com vegetação;
 - Oferecer sombra por meio de estruturas cobertas por sistemas de geração de energia, como coletores térmicos solares, fotovoltaicos e turbinas eólicas;

- Providenciar sombreamento com dispositivos ou estruturas arquitetônicas que tenham um valor de refletância solar (*solar reflectance* - SR) de pelo menos 0,28 após três anos. Se não houver informações disponíveis após três anos, utilizar materiais com SR inicial de pelo menos 0,33 na instalação.
 - Proporcionar sombra com estruturas que utilize vegetação.
 - Implementar um sistema de pavimentação de blocos vazados, com pelo menos 50% do pavimento não consolidado.
- Telhado de alta refletância (GBCB, 2014):
 - Utilizar materiais de telhado com um SRI igual ou superior aos valores especificados na Tabela 7. Certificar-se de que o SRI seja atendido após três anos. Na ausência de informações disponíveis após três anos, utilizar materiais que cumpram com o valor inicial de SRI.

Tabela 7 - Valor mínimo do índice de refletância solar, por inclinação do telhado

	Inclinação	SRI inicial	SRI após 3 anos
Telhado pouco inclinado	≤2:12	82	64
Telhado muito inclinado	>2:12	39	32

Fonte: USBC, 2016

- Telhado com vegetação: Instalação de telhado com vegetação natural na superfície.

Opção 2, estacionamento coberto (1 ponto) (GBCB, 2014):

- Garantir que no mínimo 75% das vagas de estacionamento sejam cobertas;
- Utilizar telhados para sombreamento ou cobertura de estacionamentos que atendam aos seguintes critérios:

- Ter um SRI de pelo menos 32 após três anos. Na ausência de informações disponíveis após três anos, utilizar materiais com um SRI inicial de pelo menos 39 na instalação;
- Ser um telhado com vegetação;
- Ser coberto por sistemas de geração de energia, como coletores térmicos solares, fotovoltaicos e turbinas eólicas.

As ilhas de calor ocorrem quando as áreas urbanizadas têm temperaturas mais elevadas do que as áreas rurais que a cercam. Esse efeito é formado quando a luz solar aquece superfícies escuras, como estradas e telhados. O efeito ilhas de calor também pode ser criado por ruas estreitas e prédios altos, que reduzem o fluxo de ar pela cidade, bem como pelo calor dos automóveis. Esse fenômeno está relacionado com a elevação de temperaturas em até 10^o C, em áreas construídas, em comparação com as redondezas rurais. O aumento da temperatura gera desconforto, contribuem para a formação de nevoeiro e conseqüentemente impactam na saúde humana devido aos baixos níveis da camada de ozônio (GBCB, 2018).

Neste crédito analisam-se as áreas de telhado, conforme o projeto tem-se 430,21 m² de área sem telhado, 266,52 m² de área de telhado com alta refletância localizado na cobertura do edifício, 226,54 m² de área pavimentada e 266,52 de área de telhado total. Assim, pode-se realizar os cálculos conforme a inequação anteriormente exposta e chega-se ao resultado de 722,72 ≥ 0. A única sugestão que deve ser seguida para se adequar ao crédito é de instalar uma pequena usina fotovoltaica na lateral superior do prédio da fachada norte. Portanto, com os ajustes o edifício soma dois pontos.

4.2.2.7. Crédito SS – Redução da poluição luminosa (1 pontos):

Objetivo: Promover a visibilidade do céu noturno, aumentar a visibilidade noturna e mitigar os impactos do empreendimento na vida selvagem e nas pessoas (GBCB, 2014).

O tipo de luminária utilizada pode fazer diferença na redução da poluição luminosa. Há diversos modelos - sem proteção, com proteção total ou parcialmente protegidas, que podem ajudar a direcionar a luz para baixo, prevenindo que ela extravase do limite do terreno. Especificações de iluminação são definidas pela

Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). Luminárias antigas direcionam a luz para todas as direções, até para o céu, o que é desnecessário (GBCB, 2018).

Para cumprir os requisitos de iluminação para cima e transgressão de luz usando o método de iluminação por trás, iluminação para cima e ofuscamento (BUG) (Opção 1) ou o método de cálculo (Opção 2). Projetos podem optar por diferentes opções de iluminação para cima e transgressão de luz. Assim, independentemente da opção selecionada, todas as luminárias externas localizadas dentro do limite do projeto devem atender aos seguintes requisitos (GBCB, 2014):

- As características fotométricas de cada luminária quando instalada na mesma orientação e inclinada conforme especificado no projeto;
- Zona de iluminação da propriedade. Classificar o projeto em uma zona de iluminação utilizando as definições de zonas de iluminação fornecidas no Guia do Usuário da Lei de Iluminação Modelo (MLO) da Sociedade de Engenharia de Iluminação (IES) e da Associação Internacional *Dark Sky (IDA)*;

Modelos computacionais devem ser utilizados para avaliar onde a iluminação noturna vai incidir no terreno e se vai extravasar seus limites. O modelo poderá mostrar como a iluminação de um estacionamento ou de uma calçada repercutirá no projeto ou se a luz irá refletir sobre uma superfície e incidir fora do local planejado (GBCB, 2014).

- **Iluminação pra cima,**

- Opção 1: Método de avaliação BUG (GBCB, 2014):
 - Reduzir a potência de iluminação para que não ultrapasse as seguintes classificações de iluminação as luminárias, com base na fonte de luz específica instalada na luminária, conforme definido no IES TM-15-11, Adendo A.

Quadro 3 - Avaliações máximas de iluminação para cima para luminárias

Zona de iluminação MLO	Avaliação de iluminação para cima da luminária
LZ0	U0
LZ1	U1
LZ2	U2
LZ3	U3
LZ4	U4

FONTE: USBC, 2016

- Opção 2: Método de cálculo (GBCB, 2014):
 - Não exceder as porcentagens do total de lúmens emitidos acima da horizontal, como mostra o Tabela 8.

Tabela 8 - Porcentagem máxima do total de lúmens emitidos acima da horizontal, por zona de iluminação

Zona de iluminação MLO	Porcentagem máxima permitida do total de lúmens da luminária emitidos acima da horizontal (%)
LZ0	0
LZ1	0
LZ2	1,5
LZ3	3
LZ4	6

FONTE: USGBC, 2016

- **Transgressão de luz**

- Opção 1: Método de avaliação BUG (GBCB, 2014):
 - Não ultrapassar as seguintes avaliações de iluminação por trás e ofuscamento das luminárias, conforme definido no IES TM-15-11, adendo A, considerando o local de montagem e a distância do limite de iluminação, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Avaliações máximas de iluminação por trás e ofuscamento

Montagem da luminária	Zona de iluminação MLO				
	LZ0	LZ1	LZ2	LZ3	LZ4
	Avaliações de iluminação por trás permitidas				
> 2 alturas de montagem do limite de iluminação	B1	B3	B4	B5	B5
1 a 2 alturas de montagem do limite de iluminação e com orientação adequada	B1	B2	B3	B4	B4
0,5 a 1 altura de montagem do limite de iluminação e com orientação adequada	B0	B1	B2	B3	B3
<0,5 altura de montagem do limite de iluminação e com orientação adequada	B0	B0	B0	B1	B2
	Avaliações de ofuscamento permitidas				
Montagem no edifício > 2 alturas de montagem de qualquer limite de iluminação	G0	G1	G2	G3	G4
Montagem no edifício, 1 a 2 alturas de montagem de qualquer limite de iluminação	G0	G0	G1	G1	G2
Montagem no edifício, 0,5 a 1 altura de montagem de qualquer limite de iluminação	G0	G0	G0	G1	G1
Montagem no edifício, < 0,5 altura de montagem de qualquer limite de iluminação	G0	G0	G0	G0	G1
Todas as outras luminárias	G0	G1	G2	G3	G4

FONTE: USGBC, 2016

- O limite de iluminação é estabelecido nas linhas de propriedade que o projeto LEED ocupa. No entanto, podem ocorrer modificações nas seguintes situações (GBCB, 2014):
 1. Se a linha da propriedade estiver adjacente a uma área pública, como uma passagem, ciclovia, praça ou estacionamento, o limite de iluminação pode ser movido até 1,5 metro além da linha da propriedade;
 2. Se a linha da propriedade estiver adjacente a uma rua, viela ou corredor de tráfego público, o limite de iluminação pode ser movido para a linha central dessa rua, viela ou corredor;
 3. Se houver propriedades adicionais, pertencentes à mesma entidade e contíguas à propriedade em que o projeto LEED se localiza, e que tenham designação de zona de iluminação MLO igual ou superior à do projeto LEED, o limite de iluminação pode ser expandido para incluir tais propriedades.
- Opção 2: Método de cálculo (GBCB, 2014).
 - Não devem ser excedidas as luminâncias verticais a seguir no limite de iluminação (utilizando a definição de limite de iluminação da Opção 1). Os pontos de cálculo não devem estar separados por mais de 1,5 metro. As luminâncias verticais devem ser calculadas em planos verticais paralelos ao limite de iluminação, com o normal de cada plano voltado para a propriedade e perpendicular ao limite de iluminação, estendendo-se do nível do solo até 10 metros) acima da altura da luminária mais alta.

Tabela 9 - Luminância vertical máxima no limite de iluminação, por zona de iluminação

Zona de iluminação MLO	Luminância vertical (lux)
LZ0	0,5
LZ1	0,5
LZ2	1
LZ3	2
LZ4	6

FONTE: USGBC, 2016

- **Sinalização externa iluminada internamente (GBCB, 2014):**
 - Durante a noite, a luminância não deve exceder 200 lux, e durante o dia, não deve ultrapassar 2000 lux.

- **Isonções dos requisitos de iluminação para cima e transgressão de luz (GBCB, 2014):**
 - A iluminação externa listada a seguir está isenta dos requisitos, desde que seja controlada separadamente da iluminação não isenta:
 - Iluminação sinalizadora, direcional e indicadora especializada para transportes;
 - Iluminação utilizada exclusivamente para iluminar fachadas e paisagismo nas zonas de iluminação MLO 3 e 4, que seja automaticamente desligada da meia-noite às 6 da manhã;
 - Iluminação destinada a fins artísticos em apresentações de teatro, cinema e vídeo;
 - Iluminação de rodovias exigida pelo governo;
 - Departamentos de emergência de hospitais, incluindo heliportos associados;
 - Iluminação para a bandeira nacional em zonas de iluminação MLO 2, 3 ou 4;
 - Sinalização interna iluminada.

Portanto, para garantir a redução da poluição luminosa, é essencial utilizar luminárias adequadas para cada ambiente. Deve-se garantir o respeito às zonas de iluminação máximas de cada ambiente e evitar o ofuscamento causado pela iluminação direcionada para cima. Para alcançar esse objetivo, é necessário verificar, durante a aquisição dos materiais elétricos, se estão adequados para cada ambiente, levando em consideração as zonas de iluminação. Conforme a Figura 20 exemplifica modelos comuns de luminárias adequadas e inadequadas ao uso para combater o ofuscamento e a poluição luminosa (GBCB, 2018).

Figura 20 – exemplos de luminárias para iluminação exterior



Fonte: Gonçalves, 2022

O projeto em estudo não possui o detalhamento específico para evitar a poluição luminosa, porém é especificado um material atestando que será utilizado luminárias de alta eficiência. Assim, foi considerado no trabalho que será optado por luminárias apropriadas para o cumprimento do crédito em questão. Portanto, soma-se um ponto.

4.2.3. Uso Racional da Água (WE)

Com a demanda crescente e a oferta cada vez menor, as fontes de água estão sobrecarregadas, ameaçando a saúde, a sobrevivência humana e o meio ambiente. A demanda atual por água nas grandes cidades é insustentável. Além disso, apenas 3% do total de água disponível na Terra é água doce e, desse total, mais de 2/3 está

preso nas geleiras. O conhecimento sobre eficiência hídrica é organizado em três esferas (GBCB, 2018):

- **Água Externa:** usada fora do edifício para manutenção e paisagismo (GBCB, 2018);
- **Água Interna:** usada dentro do edifício para descarga de vasos sanitários, lavar as mãos, beber, cozinhar, etc. (GBCB, 2018);
- **Água de Processo:** usada nos sistemas do edifício para aquecer e resfriar o ar e manter as temperaturas do edifício. Também inclui a água usada em máquinas de lavar roupas e louças e máquinas de gelo (GBCB, 2018).

Água pluvial pode ser coletada em cisterna, barril ou em tanque de contenção. No início de um projeto, deve-se determinar o volume de água que poderá ser coletado em um ano típico, e dimensionar a quantidade água que poderá ser utilizada interna e externamente. Para esta etapa pode-se utilizar uma ferramenta computacional chamada Netuno que tem por objetivo estimar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser potável, tais como descarga de vasos sanitários, rega de jardim, lavação de carros etc (CORDOVA, M. M.; GHISI, E., 2014)

Água Cinza é a água que pode ser utilizada duas vezes - já foi utilizada sem que tenha entrado em contato com resíduos sanitários, e que ainda não foi tratada. Representa de 50 a 80% da água dispensada pelas residências. Assim como a água da chuva, ela pode ser aproveitada para usos futuros. Se a água cinza for filtrada de maneira adequada, sua reutilização para irrigação ou outro uso é seguro para a saúde. A água cinza é proveniente de banheiras, máquina de lavar, chuveiro, pia de banheiro e tanque da lavanderia. Esse tipo de água não utiliza água proveniente de pia de cozinha, máquina de lavar louça, ou água do banheiro e do mictório (GBCB, 2018).

Água Negra tem grande quantidade de matéria orgânica. Por esse motivo, o processo torna-se mais complexo para o tratamento e bombeamento. Portanto, ao construir um sistema de tratamento de água negra, além de eliminar a necessidade de bombear as águas servidas para a central municipal de tratamento, possibilita economia de dinheiro, além de abatimentos em IPTU em determinados municípios. No tratamento completo das águas negras, o esgoto é recolhido de pias de cozinha, máquinas de lavar louça, banheiros e mictórios e centralizado em uma fossa séptica, então segue para o reator aeróbico. Após a ação das bactérias o fluido segue para a esterilização, decantação e filtração de areia e carvão ativado (GBCB, 2018).

Outras estratégias eficazes para economizar água são (GBCB, 2018):

- Especificar vegetação nativa ou adaptada que não necessita de irrigação frequente;
- Reduzir grandes áreas gramadas que exigem grande quantidade de água para irrigação;
- Colocação de cobertura vegetal ao redor das plantas;
- Limitar ou eliminar o uso de água potável e quando necessário utilizar água de reuso ou de aproveitamento pluvial;
- Reduzir o uso de energia, em consequência do menor gasto com bombeamento e tratamento da água;
- Reduzir ou eliminar o corte de grama - o que também economiza energia e reduz a emissão de gases.

Há duas espécies vegetais adequadas, as nativas que são aquelas que crescem naturalmente na região ou que estão na área há muitos anos. As plantas nativas precisam de menos água, fertilizantes e controles de pragas. Já as plantas adaptadas são aquelas não-nativas que tem um bom desempenho no clima local. As plantas nativas e adaptadas precisam de menos água e são mais resistentes porque são adaptadas às condições pluviométricas, ao solo, e à temperatura da região. Evita-se a utilização de plantas invasoras, aquelas que crescem de maneira rápida e agressiva, se espalhando e sobrepondo-se sobre as outras plantas. Flores perenes são preferíveis às anuais, porque irão florescer durante todo o ano, além de necessitarem de menos água (GBCB, 2018).

Os jardins que necessitam periodicamente a utilização de água, deve-se fazer a irrigação por gotejamento. A técnica de gotejamento minimiza a utilização de água e de fertilizantes ao permitir o gotejamento lento nas raízes das plantas. A irrigação por gotejamento tem eficiência de 90%, portanto, em média, 90% da água que está sendo irrigada é absorvida pelas plantas. O custo de implantação do sistema de irrigação por gotejamento costuma ser mais elevado, porém é comum o período de retorno ser menor do que 3 anos (GBCB, 2018).

Associando-se ao sistema de irrigação por gotejamento, pode-se aumentar a eficiência e reduzir ainda mais o gasto de água instalando um sistema de irrigação automatizada baseada no clima. Os controladores de irrigação baseados no clima

utilizam as condições de tempo e do terreno para desenvolver um agendamento de irrigação que seja adequado ao terreno e ao histórico de dados meteorológicos. Em vez de irrigar de acordo com um agendamento previamente determinado, esses controladores permitem que a irrigação vá ao encontro das necessidades hídricas das plantas. Os sensores de umidade do solo têm a destreza de detectar quando as plantas necessitam de água. O sensor de chuva mantém o sistema desligado em dias chuvosos (GBCB, 2018).

Tabela 10 - Eficiência hídrica

S	P	N	Uso racional da água (WE)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
S			Pré-requisito	Redução do uso de água do exterior	Obrigatório	
S			Pré-requisito	Redução do uso de água do interior	Obrigatório	
S			Pré-requisito	Medição de água do edifício	Obrigatório	
	2		Crédito	Redução do uso de água do exterior	2	2
	6		Crédito	Redução do uso de água do interior	6	6
		0	Crédito	Uso de água de torre de resfriamento	2	0
1			Crédito	Medição de água	1	1
1	8	0	Pontuação total		11	9

Fonte: Adaptado de USGBC, 2016

4.2.3.1. Pré-requisito WE – Redução do uso da água do exterior

No LEED, todas as medidas de redução do consumo da água são determinadas pela *Energy Policy Act* (EPAAct). Para determinar o consumo de água, adota-se as estimativas de uso de cada ocupante e as instalações de água como válvulas e metais sanitários. Para calcular o percentual de redução, a equipe de projeto primeiro calcula a demanda de água do cenário padrão, baseado na EPAAct e então se compara com o cenário real do empreendimento analisado (GBCB, 2014).

Objetivo: Reduzir o consumo de água externo (GBCB, 2014).

- Para reduzir o uso de água externa, o projeto pode optar por superfícies sem vegetação, como pavimentos permeáveis ou impermeáveis, devem ser excluídas dos cálculos de área de paisagismo. Campos esportivos e

parques infantis (se possuírem vegetação) e hortas podem ser incluídos ou excluídos, a critério da equipe do projeto.

- Opção 1, sem necessidade de irrigação (GBCB, 2014).
 - Demonstrar que o paisagismo não requer um sistema de irrigação permanente além de um período de estabelecimento máximo de dois anos.
- Opção 2, irrigação reduzida (GBCB, 2014).
 - Redução de água para o paisagismo em pelo menos 30% em relação à linha de base calculada para o mês com o pico de irrigação do terreno. Essas reduções são alcançadas por meio da seleção de espécies de plantas e eficiência do sistema de irrigação, conforme calculado pela ferramenta de orçamento de água *WaterSense* da Agência de Proteção Ambiental dos EUA.

O atendimento deste requisito é obrigatório, pois se trata de um pré-requisito para a certificação do projeto em estudo. Assim, sugere-se a alteração das vegetações já existentes e aquelas que não estavam previstas no projeto anteriormente para que seja optado por vegetações nativas da mata atlântica. Neste cenário, as árvores escolhidas para o plantio foram: Pitangueira, Araçá, Palmito-Juçara, Ipê-Amarelo e Ingá-Feijão (SILVEIRA *et al.*, 2023). Assim, cumpre-se o pré-requisito de redução do uso de água do exterior, pois a vegetação nativa não necessita que seja regada da mesma maneira como vegetações não adaptadas ao clima local.

4.2.3.2. Pré-requisito WE – Redução do uso da água do interior (obrigatório)

O pré-requisito de redução do uso de água, assim como muitos outros créditos do LEED, utiliza uma variável chamada Equivalente de Tempo Integral (FTE), para calcular o a linha de base e para o projeto. Os ocupantes do prédio são identificados de acordo com o tipo (GBCB, 2018):

- Funcionário de período integral;
- Funcionário de meio período;
- Ocupantes transitórios (estudantes, clientes, visitantes);
- Residentes.

A quantidade de ocupantes é baseada em um padrão de ocupação de um período de 8 horas/dia. Um ocupante de 8 horas tem um FTE de 1,0. Assim, um ocupante de meio período, que trabalha 4 horas por dia, tem FTE de 0,5. Os cálculos FTE podem incluir diversos turnos dependendo do projeto (GBCB, 2018).

O LEED incentiva a adoção de estratégias que combinadas reduzam obrigatoriamente pelo menos 20% o consumo de água com relação ao projeto padrão definido pela EPAAct de 1992, excluindo a irrigação. Assim, o EPAAct estabeleceu padrões de conservação hídrica para vasos sanitários, chuveiros, torneiras e outros equipamentos hidráulicos para economizar, aproximadamente, 24 bilhões de litros de água por dia nos Estados Unidos. Um exemplo de inovação foi na válvula de descarga, os modelos antigos utilizam de 12 a 24 litros por descarga, enquanto as mais modernas possuem um fluxo máximo de 4 litros. Por conseguinte, o EPAAct desenvolveu o selo *WaterSense* para identificar os equipamentos eficientes e garantir a alta eficiência não viesse com custo de performance. Esse selo foi incorporado como requerimento no LEED para garantir que os equipamentos fossem tanto eficientes no consumo de água como garantissem elevada performance (GBCB, 2018).

Objetivo: Reduzir o consumo de água do interior (GBCB, 2014).

- **Uso de água do edifício (GBCB, 2014):**

- Para os dispositivos e conexões listados na Tabela 11, conforme aplicáveis ao escopo do projeto, é necessário reduzir o consumo de água em 2% em comparação com a linha de base. Os cálculos de volume e vazão base são apresentados na Tabela 11.
- Todos os novos vasos sanitários, mictórios, torneiras de pia privativas e chuveiros instalados necessitam ser aparelhos economizadores de água.

A tabela abaixo apresenta a linha de base e o consumo de bacias sanitárias, mictórios e torneiras de banheiros empregadas no projeto.

Tabela 11 - Uso da água interior

Dispositivo utilizado em projeto	Baseline	Consumo dispositivo	Redução em relação à baseline (%)
Bacia sanitária (Modelo Sensea 3/4,5L)	6,0 lpf	4,5lpf	25,0
Torneiras de banheiros (Modelo Docol Pressmatic LEED)	8,3 lpm a 415 kPa	1,0 lpm	88,0
Chuveiro (modelo Eden LEED 150)	9,5 lpm a 550 kPa	6,1 lpm	35,8

Fonte: Adaptado de USGBC, 2014

Onde:

lpf são os litros de água por descarga;

lpm são os litros por minuto;

kPa são os quilo pascais;

Observa-se que o projeto já incorpora dispositivos que satisfazem os requisitos de consumo estabelecidos, todos os dispositivos analisados apresentam economia maior do que 25,0% em relação à referência, economizando até 88,0%. Conclui-se, portanto, que o empreendimento está de acordo com o pré-requisito da certificação.

4.2.3.3. Pré-requisito WE – Medição de água do edifício (obrigatório):

Os projetos que buscam a certificação fazem as estimativas sobre o consumo de água ou sobre a economia resultante, mas igualmente importante é a instalação de medidores. Esses equipamentos identificam onde a água está sendo usada e auxiliam na identificação de possíveis vazamentos. A utilização de medidores e sub-medidores contribui na mensuração e verificação do uso da água, por exemplo: irrigação, descargas, água quente, boiler e etc (GBCB, 2016).

Objetivo: Assegurar que os benefícios do espaço sustentável alcançados pelo projeto persistam, independentemente de futuras mudanças em programas ou dados socioeconômicos (GBCB, 2016).

Requisitos:

- Instalação de hidrômetros permanentes que meçam o uso total de água potável para o edifício (GBCB, 2016);
- Os dados dos hidrômetros devem ser compilados em resumos mensais e anuais (GBCB, 2016).
- Compartilhar com a USGBC os dados de uso de água de todo o projeto por um período de 5 anos, a partir da data em que o projeto foi certificado, ou a ocupação típica, o que ocorrer primeiro (GBCB, 2016);
- Este compromisso deve ser mantido por cinco anos, ou até que o edifício mude de proprietário ou arrendatário.

O projeto em análise já inclui um hidrômetro, conforme exigido pela concessionária local de água. Para cumprir este pré-requisito, relatórios mensais e anuais devem ser enviados ao USGBC durante um período de cinco anos após a certificação do empreendimento. Portanto, está de acordo com o pré-requisito.

4.2.3.4. Crédito WE – Redução do uso de água exterior (1 a 2 pontos):

Objetivo: Reduzir o consumo de água externo (GBCB, 2016).

Requisitos: Redução do uso de água externo por meio de uma das seguintes opções. As áreas sem vegetação, como pavimentos permeáveis ou impermeáveis, devem ser desconsideradas nos cálculos da área de paisagismo. A equipe do projeto tem a prerrogativa de decidir sobre a inclusão ou exclusão de campos esportivos e parques infantis (se estiverem arborizados) e hortas (GBCB, 2016).

- Opção 1: Sem necessidade de irrigação (2 pontos) (GBCB, 2016):
 - Demonstrar que o paisagismo não requer um sistema de irrigação permanente além de um período de estabelecimento máximo de dois anos.
- Opção 2: Irrigação reduzida (1 a 2 pontos) (GBCB, 2016):
 - Os requisitos de água para o paisagismo do projeto devem ser reduzidos em pelo menos 50% em relação ao projeto base calculado para o mês com pico de irrigação do terreno. Essas reduções devem ser obtidas com a seleção de espécies de plantas e eficiência do

sistema de irrigação, conforme calculado na ferramenta de orçamento de água *WaterSense* da Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Reduções adicionais além de 30% podem ser alcançadas com qualquer combinação de eficiência, fontes de água alternativas e tecnologias inteligentes de programação.

Tabela 1 – Pontos por reduzir a água de irrigação.

Tabela 12 – Pontos por reduzir a água de irrigação

Porcentagem de redução em relação ao projeto padrão (%)	Pontos
50	1
100	2

Fonte: USGBC, 2016.

No projeto em análise não estava especificada as espécies das vegetações, portanto foram sugeridas espécies específicas. Assim, serão empregadas espécies vegetais nativas que não requerem irrigação permanente, o que resultará na obtenção de dois pontos conforme os critérios estabelecidos pelo LEED v4 para este crédito.

4.2.3.5 Crédito WE – Redução do uso de água do interior (1 a 6 pontos):

Objetivo: Reduzir o consumo de água do interior do edifício (GBCB, 2016).

Requisitos: Para obter uma redução adicional no uso de água de dispositivos e conexões em comparação com a linha de base calculada no Pré-requisito WE: Redução do Uso de Água do Interior, é possível implementar economias adicionais de água potável, além do nível do pré-requisito, por meio do uso de fontes de água alternativas. A alocação de pontos é determinada de acordo com a Tabela 13 (GBCB, 2016).

Tabela 13 - Pontos por reduzir o uso de água

Porcentagem de redução (%)	Pontos
25	1
30	2
35	3
40	4
45	5
50	6

Fonte: USGBC, 2016.

O USGBC fornece em seu site uma tabela eletrônica para que os usuários possam inserir os dados de consumo de água das instalações do empreendimento e calcular os percentuais de redução. Após a inserção os dados, uma aba de resumo exibe a redução obtida do consumo, como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 - Cálculo da redução do uso de água do interior

Edifício de referência			Edifício projetado		
Volume de descarga (m ³ /ano)	Volume de fluxo (m ³ /ano)	Consumo total (m ³ /ano)	Volume de descarga (m ³ /ano)	Volume de fluxo (m ³ /ano)	Consumo total (m ³ /ano)
1.236	4.417	5.653	721	2.022	2.743
Consumo anual de água do edifício de referência (m ³ /ano)					5.653
Consumo anual de água do edifício projetado (m ³ /ano)					2.743
Redução percentual de água (%)					51,47%

Fonte: Adaptado de USGBC, 2016

Analisando a Tabela 13 e a Tabela 14, conclui-se que o projeto analisado economizará 51,47% do uso de água utilizando os equipamentos economizadores. Como não estava previsto no escopo do projeto estes equipamentos sugeridos os pontos somados nessa etapa serão computados como pontuação devido sugestão de mudança. Portanto, somam-se seis pontos.

4.2.3.6. Crédito WE – Uso de água de torre de resfriamento (1 a 2 pontos):

Sem a supervisão adequada, as torres de resfriamento podem consumir significativas quantidades de água potável, pois a frequência que a sujeira e os minerais dissolvidos são removidos da torre pode ser muito alta. Consequentemente, aumenta a necessidade de completar o sistema com água adicional. Deve-se optar utilizar água não potável, como água residual das condensadoras, ou água da chuva após o devido tratamento (GBCB, 2018).

Objetivo: Conservar a água utilizada para reabastecer a torre de resfriamento ao mesmo tempo em que se controla micróbios, corrosão e depósitos no sistema de água do condensador (GBCB, 2016).

Requisitos: Realização de análise da água potável para torres de resfriamento e condensadores evaporativos, incluindo a medição de pelo menos os cinco parâmetros de controle. Assim, verifica-se o número de ciclos da torre de resfriamento alcançados sem exceder nenhum nível de filtração soma-se 1 ponto. Utilizando-se pelo menos 20% de água de reciclada não potável, soma-se 2 pontos nesse crédito (GBCB, 2016).

O projeto em análise não está equipado com torre de resfriamento, o que resulta na ausência de pontuação neste crédito.

4.2.3.7. Crédito WE – Medição de água (1 ponto):

Objetivo: Auxiliar na gestão da água e identificar oportunidades adicionais de economia de água ao monitorar o consumo de água (GBCB, 2016).

Requisitos: Instalação de hidrômetros permanentes para dois ou mais dos subsistemas de água a seguir, conforme aplicável ao projeto (GBCB, 2016):

- Irrigação;
- Dispositivos e conexões hidráulicos internos;
- Água quente para uso doméstico;
- Caldeira;
- Água recuperada;
- Água de outros processos.

O projeto em análise já se adequa a este requisito, considerando que cada apartamento tem seu hidrômetro, assim individualizando os gastos por unidade habitacional. Além das medições de água que cada apartamento gasta, o edifício é equipado com um hidrômetro na saída da caixa de água da chuva. Portanto, o projeto tem medições de água potável utilizada, como a medição de água economizada pela utilização da água da chuva. Então, soma-se um ponto.

4.2.4. Energia e atmosfera (EA)

Representando cerca de 40% da energia total utilizada hoje (PNUMA, 2023), os edifícios contribuem significativamente para os problemas de emissão de gases de efeito estufa ao redor do mundo. A eficiência energética na categoria de Energia e Atmosfera começa com foco em projeto, como a orientação da construção em relação ao sol e na escolha de materiais de construção adequados ao clima. Estratégias como aquecimento e refrigeração passiva, ventilação natural de alta eficiência e sistemas de climatização equipados com controles inteligentes reduzem ainda mais o consumo de energia. Além disso, a geração de energia renovável ou a compra de energia verde reduzem a demanda por fontes tradicionais (GBCB, 2018).

Outro ponto relevante são as técnicas de arquitetura passiva, que consideram a orientação do edifício em relação ao sol e aos ventos, influenciando diretamente na temperatura, luminosidade e nos custos de refrigeração. A orientação correta permite a maximização da energia solar. As necessidades específicas de orientação do edifício variam de acordo com cada local e região do país, levando em conta fatores como os ventos predominantes, o aproveitamento do calor solar passivo e a incidência de radiação. Por exemplo, um edifício localizado à sombra de árvores terá temperaturas mais amenas, resultando em uma redução na demanda por refrigeração. Além disso, as características do entorno do edifício também podem ajudar a bloquear a ação do vento (GBCB, 2018).

Uma fachada bem projetada permite que o edifício proporcione conforto para os ocupantes e reaja de maneira eficiente às necessidades de aquecimento, refrigeração, ventilação e iluminação natural. Assim, o custo extra para uma fachada de alto desempenho pode ser compensado com a economia proveniente da instalação de equipamentos menores de condicionamento de ar. Isso está diretamente

relacionado ao conceito de massa térmica: quanto mais espesso for o acabamento do exterior do edifício, menor será a necessidade de eletricidade pelo sistema mecânico para mantê-lo refrigerado. Durante os períodos mais quentes do dia, o exterior do prédio absorve lentamente o calor, enquanto a temperatura se mantém constante no interior. À noite, quando o ambiente esfria, o calor é liberado gradualmente, explicando o efeito da bateria térmica devido os componentes de alta inércia térmica do revestimento de vedação. Escolher os materiais errados pode resultar em desconforto térmico e aumento nos gastos com energia. A adoção de estratégias de baixa ou alta massa térmica depende não apenas do tipo de clima associado, mas também das variações de temperatura ao longo do dia (GBCB, 2018).

Além dos parâmetros indiretos que influenciam no consumo de energia, deve-se atentar também aos custos diretos, como os relacionados à iluminação artificial. A iluminação artificial pode ser um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia, tornando o projeto de iluminação e automação cada vez mais importantes. Para minimizar o uso de energia elétrica, é essencial otimizar a utilização da luz natural. Quando a iluminação artificial se faz necessária, é recomendável optar por luminárias de alto rendimento, lâmpadas de LED e implementar controles de iluminação, juntamente com automatizações como foto-sensores, *timers* e sensores de presença (GBCB, 2018).

A utilização de sistemas de ventilação natural pode proporcionar ar fresco, além de regular a temperatura interna. A melhor utilização ocorre em lugares onde a temperatura e a umidade estão em patamares agradáveis por longos períodos durante o ano. A utilização da automação nesse campo ganhou muito espaço nos últimos anos (DINO, 2018).

Com o desenvolvimento de softwares cada vez mais integrados, o Comissionamento do projeto é destacado como um elemento crítico na operação de um edifício de alto desempenho. Esse campo de trabalho tornou-se essencial para garantir que as metas de projeto sejam alcançadas. Para gerenciar esta etapa do trabalho a Tabela 15 mostra os pré-requisitos e créditos atingidos com os respectivos pontos (GBCB, 2018).

Tabela 15 - Energia e atmosfera

S	P	N	Energia e Atmosfera (EA)	Pontos possíveis	Pontos obtidos
S			Pré-requisito Comissionamento Fundamental e verificação	Obrigatório	
S			Pré-requisito Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório	
S			Pré-requisito Medição de Energia do Edifício	Obrigatório	
S			Pré-requisito Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório	
6			Crédito Comissionamento Avançado	6	6
	11		Crédito Otimizar Desempenho Energético	18	11
	1		Crédito Medição de Energia Avançada	1	1
	2		Crédito Resposta à Demanda	2	2
	1		Crédito Produção de Energia Renovável	3	1
1			Crédito Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1	1
	2		Crédito Energia verde e Compensação de Carbono	2	2
7	17	0	Pontuação total	33	24

Fonte: Adaptado de USGBC, 2016

4.2.4.1. Pré-requisito EA – Comissionamento fundamental e verificação (obrigatório):

Objetivo: auxiliar o desenvolvimento, a construção e a operação de um projeto que cumpra os requisitos do proprietário em relação a energia, água, qualidade do ambiente interno e durabilidade (GBCB, 2016).

Requisitos:

- Escopo do processo de comissionamento (GBCB, 2016):
 - Desenvolver processos de acordo com a ASHRAE 0-2005 para conjuntos mecânicos, elétricos, hidráulicos e de energia renovável e

ASHRAE 1.1-2007 para sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC);

- Sobre os invólucros externos, elaborar os requisitos do projeto do proprietário e a base do projeto. A Diretriz NIBS 3-2012 para invólucros externos fornece orientações adicionais;
- A autoridade de comissionamento deve:
 - Revisar os requisitos do projeto do proprietário, a base do projeto e o desenho do projeto, além de desenvolver e implantar um plano de comissionamento;
 - Incorporar os requisitos de comissionamento nos documentos da construção;
 - Desenvolver *checklists* da construção;
 - Desenvolver um procedimento de teste de sistemas;
 - Verificar a execução de teste de sistemas;
 - Manter registros de problemas e benefícios ao longo do processo de comissionamento;
 - Preparar um relatório final do processo de comissionamento;
 - Documentar todas as conclusões e recomendações e informar diretamente ao proprietário ao longo de todo o processo.
- Autoridade de comissionamento (GBCB, 2016):
 - Na etapa final de desenvolvimento de projeto, deve-se envolver uma autoridade de comissionamento que já tenha experiência documentada em processos de comissionamento de pelo menos dois projetos de edifícios com escopo de trabalho semelhante;
 - A autoridade pode ser um funcionário qualificado do proprietário, ou um consultor independente, porém a autoridade não deve fazer compor a equipe de design ou construção do projeto.
- Plano atualizado de requisitos, operações e manutenção de instalações (GBCB, 2016):
 - Preparar e manter um plano atualizado de requisitos, operações e manutenção de instalações que contenha as informações necessárias para operar o edifício com eficiência;

- O plano deve incluir:
 - Sequência de operações para o edifício;
 - Programação de ocupação do edifício;
 - Programações de tempo de funcionamento de equipamentos;
 - Pontos de ajuste de todos os equipamentos de AVAC;
 - Níveis de iluminação definidos em todo o edifício;
 - Requisitos mínimos de ar externo;
 - Quaisquer alterações em programações ou pontos de ajuste para diferentes estações, dias da semana e horas do dia;
 - Um relato dos sistemas que descreva os sistemas e equipamentos mecânicos e elétricos;
 - Um plano de manutenção preventiva para os equipamentos do edifício descritos no relato dos sistemas;
 - Um programa de comissionamento que inclua requisitos de comissionamento periódicos, tarefas de comissionamento contínuo e tarefas contínuas para instalações críticas.

Conforme os requisitos do LEED BD+C v4, este pré-requisito da certificação procura garantir que os sistemas do empreendimento sejam totalmente integrados, testados e operados corretamente (GBCB, 2016). Dessa maneira, garantindo a segurança e a operabilidade em termos de desempenho, confiabilidade e rastreabilidade de informações. Assim, alguns benefícios do condicionamento do projeto é a diminuição de problemas e reparos, ciclo de vida prolongado, mais confiança no sistema e menor tempo de retorno (BAEHLER; FARLEY, 2011).

A Certificadora recomenda que seja utilizado os parâmetros da sociedade americana ASHRAE para o comissionamento dos conjuntos mecânicos, elétricos, hidráulicos, de energia renovável e AVAC. Por outro lado, a sociedade não especifica os processos, no entanto fornece orientações e diretrizes para o comissionamento dos sistemas (GBCB, 2016).

O projeto em estudo possui os processos requeridos pela ASHRAE de testagem, porém não há formalização das testagens, nem da eleição de um agente comissionador. Assim, sugere-se que todos os sistemas desenvolvidos pelos profissionais que trabalharam no desenvolvimento de projetos complementares e que posteriormente são compilados pelo engenheiro Bruno Guerreiro Fistarol, ele seja

classificado como autoridade de comissionamento e em coparticipação técnica o Engenheiro Sálvio Vilmar Fistarol.

Os procedimentos utilizados na concepção do edifício foram otimizados utilizando a plataforma BIM em todos os projetos complementares e compatibilizados no final. Então, ao término da construção do empreendimento está previsto a entrega de um manual para cada proprietário com os planos de operação e manutenção das instalações dos apartamentos, assim com o *as built* individualizado para cada unidade.

Para se adequar a este pré-requisito deve-se documentar formalmente os trabalhos efetuados e os planos futuros, assim garantindo o atendimento ao pré-requisito.

4.2.4.2. Pré-requisito EA – Desempenho mínimo de energia (obrigatório):

Objetivo: Minimizar os danos ambientais e econômicos causados pelo consumo excessivo de energia, alcançando um nível mínimo de eficiência energética para o edifício e seus sistemas (GBCB, 2016).

Requisitos:

- Opção 1: Simulação de energia de todo o edifício (GBCB, 2016).
 - Demonstrar melhoria de 5% em comparação com a avaliação de desempenho do edifício padrão;
 - Calcular o desempenho do edifício padrão de acordo com a norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010, Apêndice G. Neste requisito, o Selo do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o PROCEL EDIFICA nível A, também é aprovada pelo USGBC (GBCB, 2018);
 - Inclusão de todo o consumo e custos de energia dentro e associados ao projeto do edifício;
 - Comparar com o edifício base que esteja em conformidade com a Norma 90.1-2010, Apêndice G;
 - Deve-se documentar as premissas de entrada da modelagem. As cargas não reguladas devem ser modeladas com precisão para refletir o consumo de energia real esperado do edifício. Contudo, se as cargas não reguladas não forem idênticas para a linha de base e a avaliação de desempenho do edifício proposto, inviabilizando o cálculo da economia

com precisão, deve-se seguir o método de cálculo excepcional da Norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1 -2010, G 2.5.

- Opção 2: Conformidade prescritiva: guia avançado de projeto energético (GBCB, 2016).
 - Conformidade com as disposições obrigatórias e prescritivas da Norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1–2010;
 - Cumprir os requisitos de AVAC e aquecimento de água para serviços, incluindo eficiência de equipamentos, economizadores, ventilação e dutos e umidificadores, no Capítulo 4, Estratégias e Recomendações de Projeto por Zona Climática, do Guia Avançado de Projeto Energético ASHRAE 50% e da zona climática adequada:
- Opção 3: Conformidade prescritiva: guia de desempenho avançado do núcleo do prédio (GBCB, 2016).
 - Conformidade com as disposições obrigatórias e prescritivas da Norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1–2010;
 - Conformidade com a Seção 1: Estratégias de processo de projeto, Seção 2: Requisitos de desempenho de núcleo e as três estratégias seguintes da Seção 3: Estratégias de desempenho aprimorado. Quando houver conflito de normas, seguir a mais rigorosa.

A partir da opção 1, pode-se verificar a concordância para o desempenho mínimo de energia, com melhora de 28% no desempenho energético em comparação ao edifício padrão considerado neste trabalho que tem um gasto médio de 89 kWh/m².ano, porém o projeto em análise, por não ser certificado, não passou por nenhuma das análises anteriores. Assim, este critério poderia ser contemplado com verificações de gasto energético e simulações mais detalhadas para o edifício.

4.2.4.3. Pré-requisito EA – Medição de energia do edifício (obrigatório):

Objetivo: Apoiar a gestão de energia e identificar oportunidades de economias adicionais de energia rastreando o uso de energia no nível do edifício (GBCB, 2016).

Requisitos:

- Instalar medidores de energia existentes, ou submedidores que possam ser agregados para fornecer dados que representem o consumo total de energia

do edifício (eletricidade, gás natural, água, etc.). Medidores de concessionárias de serviços públicos capazes de agregar o uso de recursos no nível do edifício são aceitáveis (GBCB, 2016).

- Compartilhar com o USGBC os dados de consumo de energia resultantes e os dados da demanda de energia por um período de cinco anos, começando na data em que o projeto aceita a certificação LEED. No mínimo, o consumo de energia deve ser rastreado em intervalos de um mês (GBCB, 2016).

O empreendimento cumpre esse pré-requisito, pois há medidores na entrada de energia do prédio, quanto na entrada de cada unidade habitacional, assim individualizando o uso de cada apartamento. No entanto, o proprietário deve compartilhar com o USGBC os dados de consumo por um período de cinco anos (GBCB, 2016).

4.2.4.4. Pré-requisito EA – Gerenciamento fundamental de gases refrigerantes (obrigatório):

Objetivo: Reduzir o esgotamento do ozônio estratosférico (GBCB, 2016).

Requisitos: Não utilizar refrigerantes à base de clorofluorcarbono (CFC) em novos sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC) (GBCB, 2016).

O projeto em estudo cumpre esse pré-requisito. O projeto de climatização prevê a utilização de condicionadores de ar que utilizam gás R-32, formado pela mistura de gases refrigerantes HFC com zero grau de destruição da camada de ozônio.

4.2.4.5. Crédito EA – Comissionamento avançado (2 a 6 pontos):

Objetivo: apoiar o projeto, construção e operação de um empreendimento que cumpra os requisitos estabelecidos pelo proprietário em relação à eficiência energética, conservação de água, qualidade ambiental interna e durabilidade.

Requisitos: Neste crédito, há a possibilidade de adequação para a opção 1 e opção 2, assim somam-se os pontos. Deve-se implementar, as seguintes atividades do processo de comissionamento além das exigidas pelo pré-requisito - EA: Comissionamento fundamental e verificação.

- Opção 1: Comissionamento avançado de sistemas (3 a 4 pontos) (GBCB, 2016):
 - Caminho 1: Comissionamento avançado (3 pontos). Executar as seguintes atividades do processo de comissionamento para sistemas e conjuntos mecânicos, elétricos, hidráulicos e de energia renovável, de acordo com as Diretrizes ASHRAE 0–2005 e ASHRAE 1.1–2007 para sistemas AVAC:
 - Revisar as submissões do empreiteiro;
 - Verificar a inclusão de requisitos dos manuais dos sistemas nos documentos da construção;
 - Verificar a inclusão de requisitos de treinamento de operadores e ocupantes nos documentos da construção;
 - Verificar atualizações e entregas de manuais de sistemas;
 - Verificar a entrega e eficácia do treinamento de operadores e ocupantes;
 - Verificar testes sazonais;
 - Revisar as operações do edifício 10 meses após a conclusão substancial;
 - Desenvolver um plano de comissionamento contínuo.
 - Caminho 2: Comissionamento avançado e com base em monitoramento (4 pontos). Alcançar o Caminho 1 e desenvolver procedimentos com base em monitoramento e identificar pontos a mensurar e verificar para avaliar o desempenho de sistemas que consomem energia e água. Incluir os procedimentos e pontos de medição no plano de comissionamento. Abordar os seguintes pontos:
 - Funções e responsabilidades;
 - Requisitos de medição (medidores, pontos, sistemas de medição, acesso a dados);
 - Os pontos a serem rastreados, com frequência e duração do monitoramento de tendências;
 - Os limites de valores aceitáveis dos pontos rastreados e valores medidos;

- Os elementos usados para avaliar o desempenho, incluindo conflitos entre sistemas, operação fora de sequência de componentes de sistemas e perfis de uso de energia e água;
 - Um plano de ação para identificar e corrigir erros e deficiências operacionais;
 - Treinamento para evitar erros;
 - Planejamento para reparos necessários a fim de manter o desempenho;
 - Frequência das análises no primeiro ano de ocupação (pelo menos trimestral);
 - Atualizar o manual dos sistemas com qualquer modificação ou novo ajuste e fornecer motivo de toda modificação em relação ao projeto original.
- Opção 2: Comissionamento do envelope (2 pontos) (GBCB, 2016):
 - Cumprir os requisitos do pré-requisito - EA: Comissionamento fundamental e verificação e a autoridade de comissionamento deve garantir as seguintes ações:
 - Revisar as submissões do empreiteiro;
 - Verificar a inclusão de requisitos dos manuais dos sistemas nos documentos da construção;
 - Verificar a inclusão de requisitos de treinamento de operadores e ocupantes nos documentos da construção;
 - Verificar atualizações e entregas de manuais de sistemas;
 - Verificar a entrega e eficácia do treinamento de operadores e ocupantes;
 - Verificar testes sazonais;
 - Revisar as operações do edifício 10 meses após a conclusão substancial;
 - Desenvolver um plano de comissionamento contínuo.

Para este crédito o empreendimento tem condições de se adequar, pois já realiza muitos dos processos, mas deve-se documentar para os devidos fins de certificação. Sendo assim, o edifício está de acordo com todos os tópicos do *checklist* do caminho 1. No caminho 2, o próprio manual do proprietário aborda os pontos

requisitados com as previsões de manutenções e sugestões de uso a fim de otimizar os sistemas do empreendimento. Portanto, soma-se seis pontos para o projeto.

4.2.4.6. Crédito EA – Otimizar o desempenho energético (1 a 18 pontos):

Objetivo: Alcançar níveis crescentes de desempenho energético além da norma do pré-requisito para reduzir os prejuízos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia (GBCB, 2016).

Requisitos: Estabelecer uma meta de desempenho energético na fase do projeto esquemático. A meta deve ser estabelecida como kW por metro quadrado-ano do uso de energia na fonte (GBCB, 2016).

- Analisar as medidas de eficiência durante o processo de projeto, utilizar a simulação de energia para explorar oportunidades de eficiência. Focar na análise de medidas de eficiência, com ênfase na redução de carga e em estratégias relacionadas ao AVAC adequadas para a instalação. Projetar economias de energia em potencial e as implicações de custo (GBCB, 2016).
- Equipes de projeto que buscam obter o crédito de Processo Integrado devem realizar a análise de energia básica antes de proceder à simulação de energia (GBCB, 2016).
- Seguir os critérios do Pré-requisito EA: Desempenho Mínimo de Energia para demonstrar um percentual de melhoria na avaliação de desempenho do edifício proposto em comparação com a linha base. Os pontos são concedidos de acordo com a Tabela 16 (GBCB, 2016).

Tabela 16 - Pontos por melhoria percentual em desempenho energético

Desempenho energético (%)	Pontos
6	1
8	2
10	3
12	4
14	5
16	6
18	7

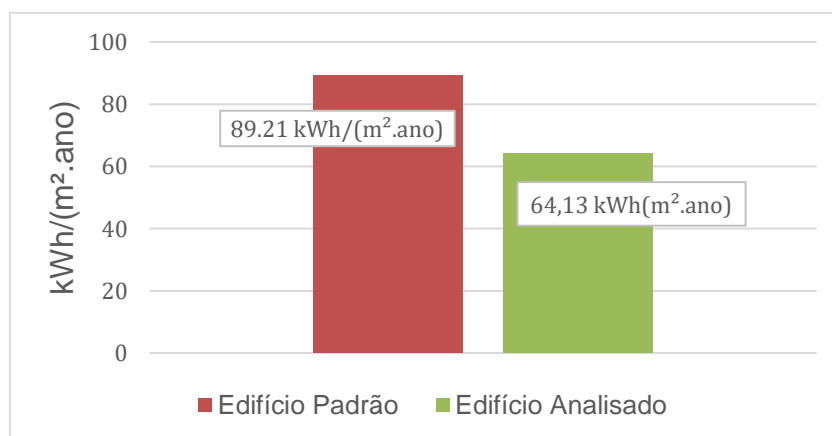
**Tabela 16 - Pontos por melhoria percentual em desempenho energético
(continuação)**

Desempenho energético (%)	Pontos
20	8
22	9
24	10
26	11
29	12
32	13
35	14
38	15
42	16
46	17
50	18

Fonte: USGBC, 2016

O projeto em estudo não tem análise energética, portanto foi realizada uma simulação com os *softwares* Revit, *Green Building Studio* e *Insight* demonstrando que o edifício terá consumo energético de 64,13 kWh/m².ano, como mostra a Figura 21. Para viabilização da análise, foi considerado gasto médio do edifício padrão de 89,21 kWh/m².ano, conforme estudo realizado por Pacheco e Fossati (2020).

Figura 21 - Comparação do consumo energético estimado do edifício com o projeto padrão

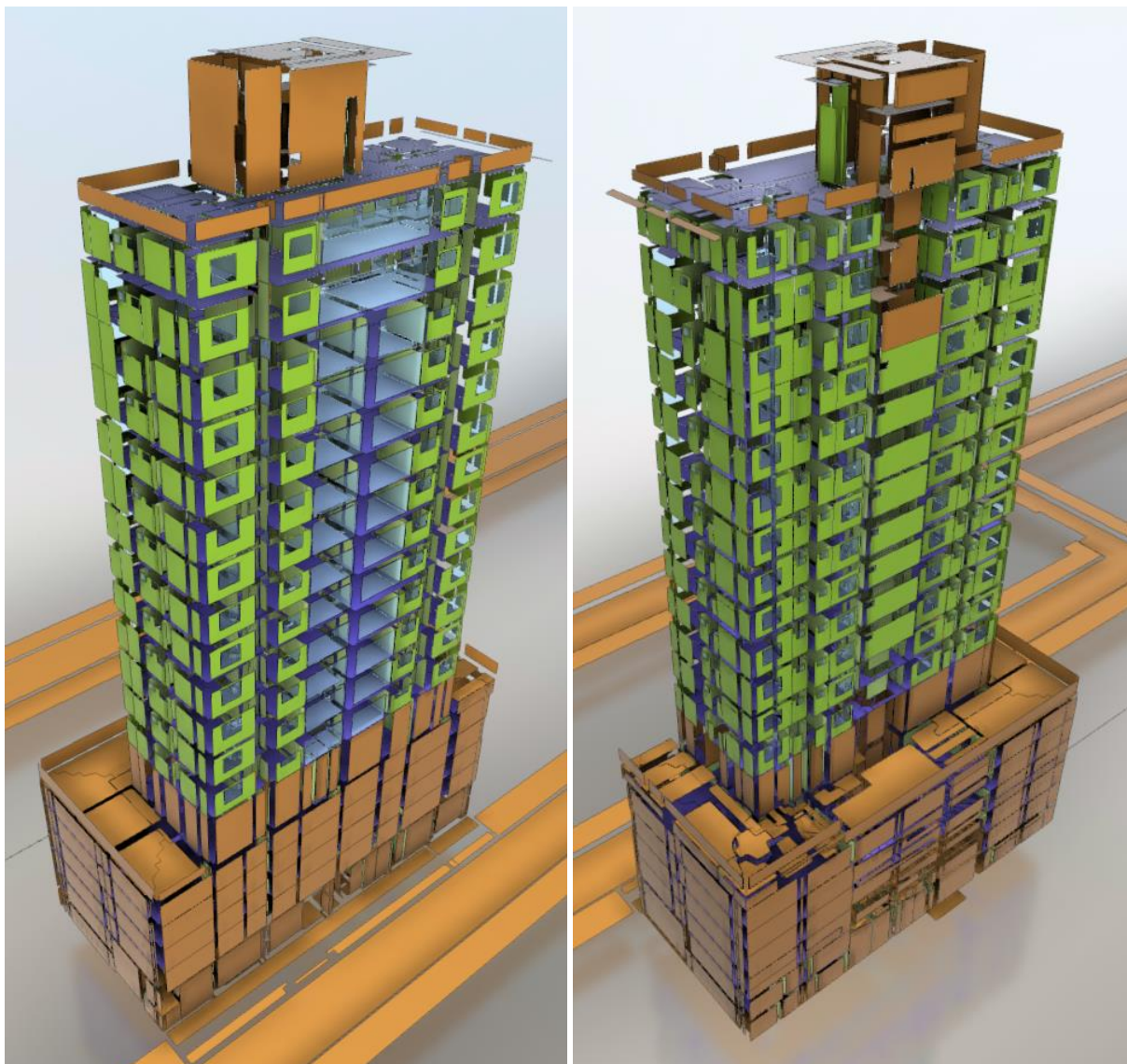


Fonte: De própria autoria, 2024

Conforme a Figura 21, o edifício projetado apresenta desempenho energético de 28,11% melhor que o projeto referência, assim somam-se 11 pontos.

Para melhorar a visualização gerou-se uma análise gráfica dos elementos analisados, representados nas cores verde e azul, para a eficiência energética do edifício como mostra a Figura 22. Pode-se observar que a análise foi realizada a partir do primeiro andar de apartamentos tipo. A característica arquitetônica marcante do edifício é apresentar uma pele de vidro na fachada leste, o que favorece a iluminação natural do sol da manhã, que é menos intenso e mais agradável ao longo do ano. Na fachada oeste, onde tem a presença do sol da tarde, que é mais intenso e transfere mais calor para a edificação, as escadas de emergência ocupam 23% da fachada, assim não transferindo para o interior das unidades habitacionais essa energia. Outro ponto de análise é a fachada norte, onde há o maior aquecimento durante o ano com altíssima incidência solar, o edifício tem pouquíssimas aberturas, apenas uma janela para o banheiro da suíte máster. Assim, as paredes da fachada norte servem como bateria térmica: durante o verão, absorve o calor, mantendo o ambiente interno agradável; no inverno, se corretamente orientada, armazena o calor durante o dia e o libera à noite, ajudando a manter a edificação aquecida (GIVONI, 1994).

Figura 22 - Análise energética das fachadas Sul/Leste (à esquerda) e as fachadas Norte/Oeste (à direita), em isométrico



Fonte: De própria autoria, 2024

4.2.4.7. Crédito EA – Medição de energia avançada (1 ponto):

Objetivo: Apoiar a gestão de energia e identificar oportunidades de economias adicionais de energia rastreando o uso de energia no edifício e nos sistemas.

Requisitos:

- Instalação de medição avançada de energia para o seguinte:
 - Todas as fontes de energia do edifício usadas pelo edifício;
 - Qualquer uso final individual de energia que represente 10% ou mais do consumo anual do edifício.

- A medição avançada de energia deve ter as seguintes características:
 - Os medidores devem ser instalados de forma permanente, registrar em intervalos de uma hora ou menos e transmitir dados para um local remoto;
 - Medidores de eletricidade devem registrar o consumo e a demanda. Medidores de eletricidade de todo o edifício devem registrar o fator de potência, se adequado;
 - O sistema de coleta de dados deve usar uma rede local, sistema de automação predial, rede sem fio ou infraestrutura de comunicação comparável;
 - O sistema deve ser capaz de armazenar todos os dados de medição por pelo menos 36 meses;
 - Deve ser possível acessar os dados remotamente;
 - Todos os medidores no sistema devem ser capazes gerar relatórios horários, diários, mensais e anuais do uso de energia.

Para atingir esse crédito, deve-se instalar um servidor local para armazenamento dos dados coletados do prédio e planejar um plano de gestão para esse processo. Com essas adições pode-se somar um ponto para o projeto.

4.2.4.8. Crédito EA – Resposta à demanda (1 a 2 pontos):

Objetivo: Aumentar a participação em tecnologias e programas de resposta à demanda que tornem sistemas de geração e distribuição de energia mais eficientes, aumentar a confiabilidade da rede de energia elétrica e reduzir as emissões de gases do efeito estufa.

Requisitos: Projete o edifício e os equipamentos para participação em programas de resposta à demanda por meio de corte ou mudança da carga.

- Caso 1: Programa de resposta à demanda disponível (2 pontos):
 - Projetar um sistema com capacidade de resposta à demanda totalmente automatizada em tempo real com base em início externo por um Provedor de programas de resposta à demanda. Resposta à demanda semiautomatizada pode ser utilizada.

- Comprometer-se contratualmente com uma participação mínima de resposta à demanda de um ano com um provedor de programa de resposta à demanda qualificado, com o objetivo de renovação plurianual, para pelo menos 10% da demanda de pico estimada de eletricidade. A demanda de pico é determinada pelo Pré-requisito EA: Desempenho Mínimo de Energia.
- Desenvolver um plano abrangente para cumprir com o compromisso contratual durante um evento de Resposta à demanda.
- Incluir os processos de resposta à demanda no escopo de trabalho da autoridade de comissionamento, incluindo participação em pelo menos um teste completo no plano de resposta à demanda.
- Caso 2. Programa de resposta à demanda não disponível (1 ponto):
 - Fornecer a infraestrutura para utilizar programas de resposta à demanda futuros;
 - Instalar medidores de registro de intervalos com comunicações e capacidade para que o sistema de automação predial aceite um sinal de controle externo.
 - Desenvolver um plano abrangente para reduzir pelo menos 10% da demanda de pico estimada de eletricidade do edifício. A demanda de pico é determinada pelo Pré-requisito EA: Desempenho Mínimo de Energia;
 - Incluir os processos de DR no escopo de trabalho da autoridade de comissionamento, incluindo participação em pelo menos um teste completo no plano de resposta à demanda. Além disso, entrar em contato com representantes de serviços públicos locais para discutir a participação em futuros programas de resposta à demanda.

O projeto não está de acordo com esse crédito, porém o caso 1 pode ser atendido se o projeto instalar um sistema de resposta à demanda, simultaneamente com um contrato de com empresa de fornecimento de energia renovável. As empresas que participam do mercado livre de energia e ajudam a resposta a demanda conforme solicitado à empresa sediada em Florianópolis, Engie, ofertam contratos bianuais de fornecimento de energia a tarifas competitivas à CELESC. Assim, com essa sugestão de alteração, o projeto atende ao crédito somando dois pontos.

4.2.4.9. Crédito EA – Produção de energia renovável (1 a 3 pontos):

Objetivo: Aumentar o autoabastecimento de energia renovável para reduzir os prejuízos ambientais e econômicos associados à energia de combustíveis fósseis.

Requisitos: Utilizar sistemas de energia renovável para compensar os custos de energia do edifício. Calcular a porcentagem de energia renovável com a seguinte equação:

% de energia renovável

$$= \frac{\text{Custo equivalente da energia utilizável produzida pelo sistema de energia renovável}}{\text{Custo anual total de energia do edifício}}$$

Utilizar o custo de energia anual do edifício, calculado no pré-requisito EA – Desempenho mínimo de energia, se a opção 1 for desejada. Caso contrário, use o banco de dados da pesquisa de consumo energético de edifícios para estimar o uso e custo de energia.

O uso de sistemas de geração de energia solar ou de sistemas de energia renovável comunitários é permitido se os dois requisitos forem atendidos:

- O projeto é dono do sistema ou assinou um contrato de locação por um período de pelo menos 10 anos;
- O sistema está localizado na mesma área de serviço público da instalação que faz o uso.

O crédito se baseia na porcentagem de propriedade ou de uso atribuída no contrato de locação. Os pontos são concedidos de acordo com a Tabela 17.

Tabela 17 – Pontos para energia renovável

Porcentagem de energia renovável (%)	Pontos
1	1
5	2
10	3

Fonte: USGBC, 2016.

Conforme calculado anteriormente, adotando que o edifício irá consumir 64,13 kWh/m².ano e o consumo total do projeto é de 200.085,60 kWh/ano. Assim, para

atender esse crédito deve-se gerar no mínimo 2.000,86 kWh/ano com as placas solares sugeridas no projeto. Como estão previstas 10 placas e cada placa solar de monocristalino com potência de 550 W, irradiação média anual nas coordenadas do projeto de 4,13 kWh/m².dia e eficiência do sistema de 80%, considerando sujeira e perdas na produção de energia, assim pode-se determinar a geração anual média do sistema de geração fotovoltaico. Então, resolvendo a equação chega-se a geração anual de 663,28 kWh por placa. Assim, com 10 placas fotovoltaicas a produção de energia renovável anual do projeto é de 6.632,78 kWh, superior aos 4.320 kWh necessários para atender 1% da demanda do edifício, porém como a produção estimada foi de 3,31% o projeto soma apenas um ponto nesse crédito.

4.2.4.10. Crédito EA – Gerenciamento avançado de gases refrigerantes (1 ponto):

Objetivo: Promover a conformidade antecipada com o Protocolo de Montreal e reduzir a destruição da camada de ozônio, enquanto minimiza as contribuições diretas para a mudança climática (GBCB, 2016).

Requisitos: Não utilizar refrigerantes ou optar por apenas refrigerantes naturais ou sintéticos que tenham um potencial de destruição da camada de ozônio de zero e coeficiente de potencial de aquecimento global inferior a 50 (GBCB, 2016).

Como previsto em projeto, serão instalados apenas aparelhos condicionadores de ar que utilizam gases refrigerantes R-32, que não é nocivo à camada de ozônio e são mais eficientes. Assim, o projeto já atende ao crédito de gerenciamento avançado de gases refrigerantes e soma um ponto.

4.2.4.11. Crédito EA – Energia verde e compensação de carbono (1 a 2 pontos):

Objetivo: Incentivar a redução de emissões de gases do efeito estufa com o uso de fontes provenientes da rede de energia, tecnologias de energia renovável e projetos de mitigação de carbono (GBCB, 2016).

Requisitos: Firmar um contrato por cinco anos especificando o fornecimento de pelo menos 50% ou 100% da energia do projeto proveniente de energia verde, compensações de carbono e certificados de energia renovável. As compensações de carbono podem ser usadas para atenuar emissões do Escopo 1 ou do Escopo 2 em uma tonelada métrica de dióxido de carbono. A determinação da porcentagem de

energia verde ou compensações com base na quantidade de energia consumida, não no custo. Os pontos são concedidos de acordo com a Tabela 1 (GBCB, 2016).

Tabela 18 – Pontos para energia de energia verde ou compensações de carbono

Porcentagem da energia total fornecida por energia verde, Certificado de energia renovável e/ou compensações (%)	Pontos
50	1
100	2

Conforme o Inventário de Gases do Efeito Estufa, emite-se 61gCO_{2e}/kWh. Conforme simulações e análises energéticas o edifício consome 200.085,60 kWh/ano, isso representa 12,21 toneladas de carbono por ano. Então, sugere-se para que o projeto faça a compensação de carbono de 100% da energia pelo período mínimo de cinco anos, através do endereço eletrônico da organização iniciativa verde. O valor do investimento da compensação de carbono é de R\$1.060,00 por ano (IVERDE, 2024). Dessa maneira, garantindo mais dois pontos na certificação (SIS, 2023).

4.2.5. Materiais e Recursos (MR)

Tabela 19 - Materiais e recursos

S	P	N	Materiais e Recursos (MR)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
S			Pré-requisito	Armazenamento e Coleta de Recicláveis	Obrigatório	
S			Pré-requisito	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório	
	3		Crédito	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5	5
	2		Crédito	Declarações Ambientais de Produto	2	2
	2		Crédito	Origem de Matérias-primas	2	2
	2		Crédito	Ingredientes do Material	2	2
2			Crédito	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2	2
2	9	0	Pontuação total		13	11

Fonte: USGBC adaptada pelo autor

4.2.5.1. Pré-requisito MR – Depósito e coleta de materiais recicláveis (obrigatório):

Objetivo: Reduzir os resíduos gerados pelos ocupantes de edifícios, bem como os transportados e descartados em aterros sanitários (GBCB, 2016).

Requisitos: Fornecer áreas dedicadas acessíveis a transportadores de resíduos e ocupantes do edifício para a coleta e armazenamento de materiais recicláveis para todo o edifício, com as áreas de coleta e armazenamento separadas. Os materiais recicláveis devem incluir papel, papelão, vidro, plásticos e metais. Tomar medidas adequadas para a coleta, armazenamento e descarte seguros de dois dos seguintes itens: pilhas e baterias, lâmpadas com mercúrio e resíduos eletrônicos (GBCB, 2016).

O empreendimento conta com uma área exclusiva para coleta e armazenamento de resíduos. A coleta seletiva ocorre duas vezes por semana no endereço do edifício e há local específico para os coletores recolherem o material. Logo, o projeto em estudo está de acordo com o pré-requisito.

4.2.5.2. Pré-requisito MR – Plano de gerenciamento da construção e resíduos de demolição (obrigatório):

Objetivo: Reduzir os resíduos de construção e demolição, descartados em aterros sanitários ou instalações de incineração, recuperando, reutilizando e reciclando materiais (GBCB, 2016).

Requisitos: Desenvolver e implantar um plano de gestão de resíduos de construção e demolição (GBCB, 2016):

- Estabelecer metas de reaproveitamento de resíduos para o projeto, identificando pelo menos cinco materiais, estruturais e não estruturais, para reaproveitamento e estimar uma porcentagem aproximada dos resíduos totais do projeto que esses materiais representam;
- Especificar se os materiais serão separados ou misturados e descrever as estratégias de reaproveitamento planejadas para o projeto. Descrever onde o material será obtido e como a instalação de reciclagem processará o material;
- Fornecer um relatório final detalhando todos os principais fluxos de resíduos gerados, incluindo as taxas de descarte e de reaproveitamento.

O projeto em estudo já atende esse pré-requisito devido a obrigatoriedade de elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), conforme Lei municipal nº 2.508/2005 e a Resolução 307 do CONAMA. As exigências mínimas para obter a licença ambiental para iniciar as obras são suficientes para estar de acordo com o pré-requisito. Portanto, o empreendimento está de acordo com o pré-requisito.

4.2.5.3. Crédito MR – Redução do impacto do ciclo de vida do edifício (2 a 5 pontos):

Objetivo: Incentivar o reuso adaptável e otimizar o desempenho ambiental de produtos e materiais (GBCB, 2016).

Requisitos: Demonstrar efeitos ambientais reduzidos durante a tomada de decisões inicial do projeto, reutilizando recursos existentes do edifício ou demonstrando redução no uso de materiais por meio da avaliação do ciclo de vida (GBCB, 2016).

- Avaliação do ciclo de vida de todo o edifício (3 pontos):
 - Realizar uma avaliação do ciclo de vida da estrutura e do recinto do projeto, demonstrando uma redução de pelo menos 10% em pelo menos três das seis categorias de impacto listadas abaixo, sendo uma delas o potencial de aquecimento global. Nenhuma categoria de impacto avaliada como parte da avaliação do ciclo de vida pode aumentar mais de 5% em comparação com o edifício base.
 - O edifício padrão e proposto devem ter tamanho, função, orientação e desempenho energético operacional comparáveis, conforme definidos no Pré-requisito EA: Desempenho Mínimo de Energia. A vida útil dos edifícios padrão e o edifício proposto deve ser a mesma e de pelo menos 60 anos para responder totalmente por manutenção e substituição. Use as mesmas ferramentas e conjuntos de dados do software de avaliação do ciclo de vida para avaliar o edifício base e proposto. Deve-se também relatar todas as categorias de impacto listadas, conforme a Norma ISO14044.

O projeto em estudo foi construído em cima de um terreno baldio, portanto o terreno não abrigava nenhuma edificação, assim não havendo possibilidade de nenhuma reutilização de materiais preexistentes. Portanto, neste crédito não tem possibilidade do edifício atingir o número máximo de créditos que seriam cinco. O empreendimento se enquadra apenas em uma possível avaliação de ciclo de vida de todo o edifício, podendo assim atender aos três créditos.

Para fazer a avaliação do ciclo de vida do projeto deve-se fazer análise do uso dos materiais principalmente para pintura, selantes, papeis de paredes e mobiliário. Então, comparar os materiais utilizados com os níveis máximos permitidos na linha

base do edifício padrão do LEED. Assim, utilizando a planilha eletrônica fornecida pela plataforma de certificação, considerou-se apenas utilização de tintas sem Composto Orgânico Volátil (COV), conforme escopo do projeto que prevê utilização de tinta livre desse composto. Outra medida que o empreendimento está de acordo com esse crédito é quanto aos pisos, ao evitar a utilização do carpete inibe a utilização de COV e aumenta a vida útil do edifício. Por último, compondo o mínimo de três categorias de análise e redução de utilização de COV, optou-se por utilizar móveis reconicionados ou livres de COV em seu processo de fabricação, uma vez que os compostos orgânicos são liberados no ar nos primeiros anos após a fabricação da peça.

Na análise desse crédito houve a necessidade de fazer algumas simplificações, pois como não há o detalhamento e decisão de como será efetivamente o projeto em estudo, então optou-se por garantir algumas premissas para que o projeto se enquadrasse ao crédito. Assim, garantiu-se a preservação do uso de COV no edifício, portanto somam-se três pontos.

4.2.5.4. Crédito MR – Divulgação e otimização de produtos do edifício – declarações ambientais de produtos (1 a 2 pontos):

Objetivo: Incentivar o uso de produtos e materiais cujas informações de ciclo de vida estejam disponíveis e que tenham impactos ambientais, econômicos e sociais de ciclo de vida vantajosos. Recompensar as equipes de projeto pela seleção de produtos de fabricantes que tenham impactos aprimorados e verificados no ciclo de vida útil ambiental (GBCB, 2016).

Requisitos: estar de acordo com a opção 1 e/ou a opção 2 (GBCB, 2016):

- Opção 1: declaração ambiental de produto (1 ponto): Deve-se utilizar 20 produtos diferentes instalados de maneira permanente, provenientes de cinco fabricantes diferentes, que atendam a um dos critérios de divulgação abaixo:
 - Declaração específica do produto: produtos com avaliação de ciclo de vida em conformidade com a Norma ISO 4044, com pelo menos um quarto do produto que represente o impacto de carbono desde a fase inicial até o momento de sua comercialização para fins do cálculo para obtenção do crédito;

- Declarações ambientais de produtos em conformidade com as Normas ISSO 14025, 14040, 14044 e EM 15804 ou ISSO 21930 e tenham pelo menos um escopo de berço ao portão;
- Produtos com programa aprovado pelo USGBC.
- Opção 2: otimização multiatributo (1 ponto): Utilizar produtos que atendam a um dos critérios para 50% do valor total de produtos instalados de forma permanente no projeto, com base no custo.
 - Produtos certificados que demonstrem redução de impacto abaixo da média do setor em pelo menos três das categorias a seguir serão avaliados em 100% de seu custo para cálculos de obtenção do crédito.
 - Potencial de aquecimento global, em CO₂;
 - Destruição da camada de ozônio estratosférico, em kg CFC-11;
 - Acidificação da terra e fontes de água, em mols de H⁺ ou kg SO₂;
 - Eutrofização, em kg de nitrogênio ou kg de fosfato;
 - Formação de ozônio troposférico, em kg de NO_x, kg de O₃ ou kg de etileno;
 - Destruição de recursos de energia não renovável, em MJ.
 - Produtos com programa aprovado pelo USGBC.
 - Para o cálculo de obtenção do crédito, os produtos originados, extraídos, fabricados, ou adquiridos em um raio de 160 km do terreno do projeto são avaliados em 200% de seu custo base de construção.
 - Materiais de estrutura e invólucro não podem responder por mais de 30% do valor de produtos do edifício em conformidade.

Neste crédito o projeto não especificou os produtos que seriam utilizados, assim para o atendimento da opção 1 sugere-se que seja optado por no mínimo 20 produtos aprovados pelo USGBC, ou acreditados pelas certificadoras listadas no site do LEED. Então, segue alguns produtos que devem ser utilizados, por exemplo para pisos vinílicos optar pelos certificados da *FloorScore*[®] como a linha *Renaissance* da Belgotex, madeiras com o selo Conselho de Manejo Florestal (FSC), produtos certificados pelo *Cradle to Cradle* que significa “do berço ao berço” e pode ser encontrado em por exemplo em placas fotovoltaicas e esquadrias de alumínio. Assim, seguindo as sugestões supracitadas o projeto atende à opção 1 do crédito somando um ponto.

Na opção 2, considerando que o raio de 160 km desde o terreno do empreendimento consiste desde a cidade de Laguna ao sul, Otacílio Costa a oeste e Paranaguá ao norte. Assim, todos os produtos originários dentro desse raio equivalem 200% do valor e nessa região há desde metalúrgicas, como a Tupy em Joinville, até produção moveleira com madeira de reflorestamento e selos FSC. Portanto, há a possibilidade de adequação a este crédito, porém deve-se elaborar um memorial descritivo com valor unitário dos materiais e optar pelos fornecedores certificados pelo USGBC e as respectivas certificadoras por ela acreditada. A Figura 23 mostra algumas certificadoras acreditadas pelo USGBC (USGBC, 2014).

Figura 23 – Selos verde de materiais utilizados na construção civil



Fonte: sustentarqui.com.br

4.2.5.5. Crédito MR – Divulgação e otimização de produtos do edifício – origens de matérias-primas (1 a 2 pontos):

Objetivo: Incentivar o uso de produtos e materiais com informações de ciclo de vida disponíveis e que apresentem impactos ambientais, econômicos e sociais vantajosos ao longo do ciclo de vida. Recompensar as equipes de projeto por selecionar produtos comprovadamente extraídos ou adquiridos de maneira responsável (USGBC, 2014).

Requisitos: para atender ao crédito o projeto deve estar de acordo com a opção 1 e/ou a opção 2, assim somando os pontos obtidos (GBCB, 2016).

- Opção 1, relatórios de origem e extração de matérias-primas (1 ponto) (GBCB, 2016): Utilizar 20 produtos diferentes instalados de maneira permanente, de cinco fornecedores diferentes que tenham um relatório divulgado publicamente de seus fornecedores de matérias-primas que incluam os locais de extração do fornecedor de matéria-prima, um compromisso de longo prazo com o uso ambientalmente responsável da terra, assim como o compromisso de reduzir os prejuízos ambientais de processos de extração e/ou fabricação e cumprir voluntariamente com normas ou programas aplicáveis que tratem de critérios de aquisição responsável.
 - Produtos adquiridos de fabricantes com relatórios autodeclarados são avaliados como metade de um produto para obtenção do crédito;
 - Relatórios de sustentabilidade corporativos verificados por terceiros que incluam os impactos ambientais de operações e atividades de extração associadas ao produto do fabricante e à cadeia de fornecimento do produto são avaliados como um produto inteiro para o cálculo de obtenção do crédito. Os relatórios de sustentabilidade corporativa incluem:
 - Relatório de sustentabilidade da iniciativa global de relatórios;
 - Diretrizes da organização para cooperação e desenvolvimento econômico, para empresas multinacionais;
 - ISO 26000: Diretrizes de responsabilidade social de 2010;
 - Programas aprovados pelo USGBC que atendem aos critérios do relatório de sustentabilidade corporativa.
- Opção 2: Práticas de extração de liderança (1 ponto) (GBCB, 2016): Utilizar produtos que atendam a pelo menos um dos critérios de extração responsável para 25% do valor total de produtos instalados de forma permanente no edifício, com base no custo.
 - Responsabilidade estendida do produtor: Produtos adquiridos de um fabricante participante de um programa de responsabilidade estendida. Os produtos que atendem aos critérios de responsabilidade estendida do produtor são avaliados a 50% do seu custo para os fins do cálculo da obtenção do crédito;

- Materiais de base biológica: Os produtos de base biológica devem estar em conformidade com a Norma para Agricultura Sustentável da Rede de Agricultura. As matérias-primas de base biológica devem ser testadas utilizando o Método de Teste ASTM D6866 e serem coletadas de acordo com as leis dos países de exportação e destino. Produtos como couro cru, como couro e outras peles de animais, estão excluídos. Os produtos que atendem aos critérios para materiais biodegradáveis são avaliados a 100% do seu custo para os fins do cálculo de obtenção do crédito;
- Produtos de madeira: Os produtos de madeira devem possuir certificação pelo FSC ou equivalente aprovado pelo USGBC. Produtos que atendam aos critérios para produtos de madeira são avaliados a 100% do seu custo para os fins do cálculo de obtenção do crédito;
- Reuso de materiais: O reuso abrange produtos recuperados, recondicionados ou reutilizados. Os produtos que atendem aos critérios para reuso de materiais são avaliados a 100% do seu custo para os fins do cálculo de obtenção do crédito;
- Conteúdo reciclado: O conteúdo reciclado é calculado como a soma do conteúdo reciclado pós-consumo mais metade do conteúdo reciclado pré-consumo, com base no custo. Os produtos que atendem aos critérios para conteúdo reciclado são avaliados a 100% do seu custo para os fins do cálculo de obtenção do crédito;
- Programas aprovados pelo USGBC que atendem aos principais critérios.
- Para o cálculo de obtenção do crédito, os produtos originados, extraídos, fabricados e adquiridos em raio de até 160 km do terreno do projeto são avaliados a 200% de seu custo base de contribuição. O custo base de contribuição de produtos individuais em conformidade com múltiplos critérios de extração responsável não pode exceder 100% de seu custo total real, antes dos multiplicadores regionais. A contabilização dupla de componentes únicos de produtos em conformidade com múltiplos critérios de extração não é permitida. Além disso, em nenhum caso um produto pode contribuir com mais de 200% de seu custo total real. Quanto aos materiais de estrutura e invólucro,

eles não podem responder por mais de 30% do valor de produtos do edifício em conformidade.

O projeto em análise não tem especificado os materiais com o detalhamento necessário para analisar o atendimento ou não da opção 1 ou da opção 2. Por se tratar de compras de materiais e escolhas de fornecedores, de acordo com o quantitativo e elaborando um plano de compras garantindo a conformidade tanto da opção 1, quanto da opção 2, pode-se somar pontos nesse crédito. Portanto, realizando um relatório para a escolha correta dos materiais certificados e reconhecidos pelo USGBC, o projeto está de acordo com a opção 1 e a opção 2 e somam-se 2 pontos.

4.2.5.6. Crédito MR – Divulgação e otimização de produtos do edifício – ingredientes do material (1 a 2 pontos):

Objetivo: Incentivar o uso de produtos e materiais com informações de ciclo de vida disponíveis, que demonstrem impactos ambientais, econômicos e sociais vantajosos ao longo de seu ciclo de vida. Recompensar equipes de projeto por selecionar produtos cujos ingredientes químicos estejam catalogados por um método aceito, bem como por escolher produtos que efetivamente minimizam o uso e a geração de substâncias perigosas. Além disso, recompensar fabricantes de matérias-primas que produzem produtos que demonstraram melhorias em seus impactos no ciclo de vida (GBCB, 2016).

Requisitos: para somar pontos nesse crédito deve-se estar de acordo com pelo menos uma das três opções abaixo, em caso de conformidade de mais de uma opção somam-se dois pontos (GBCB, 2016).

- Opção 1: Relatório de ingredientes de materiais (1 ponto). Utilizar 20 produtos diferentes instalados de maneira permanente, provenientes de cinco fabricantes diferentes, que utilizem algum dos seguintes programas para demonstrar o inventário químico do produto, com uma precisão de 0,1%, ou 1000 ppm (GBCB, 2016).
 - Inventário do fabricante: o inventário deve estar disponível publicamente contendo todos os ingredientes, identificados por nome e número de Registro no Serviço de Resumo Químico. Assim como os materiais

- definidos como segredo comercial ou propriedade intelectual podem omitir o nome, mas deve-se divulgar a função e quantidade;
- Berço ao berço: produto de uso final certificado no nível *Cradle to Cradle v2 Basic* ou no nível *Cradle to Cradle v3 Bronze*;
 - Programas aprovados pelo USGBC que atendam aos critérios de relatório de ingredientes de materiais.
- Opção 2, Otimização de ingredientes de materiais (1 ponto): Utilizar produtos que documentem a otimização de ingredientes de seus materiais, atendendo 25% do valor total de produtos instalados de forma permanente no projeto, com base no custo (GBCB, 2016).
 - Referência *GreenScreen v1.2*. Produtos com inventários completos de ingredientes químicos a 100 ppm que não têm perigos da Referência 1:
 - Considerar 100% do custo do produto que seja avaliado com *GreenScreen List Translator*;
 - Se todos os ingredientes tiverem passados pela avaliação *GreenScreen* completa, considerar 150% do custo do produto.
 - Certificação Berço a Berço (*Cradle to Cradle*):
 - *Cradle to Cradle v2 Gold*: 150% do custo;
 - *Cradle to Cradle v2 Platinum*: 150% do custo;
 - *Cradle to Cradle v3 Silver*: 100% do custo;
 - *Cradle to Cradle v3 Gold* ou *Platinum*: 150% do custo.
 - Produtos que cumprem os critérios de otimização de produtos de edifícios aprovados pelo USGBC.
 - Opção 3, otimização da cadeia de fornecimento do fabricante do produto (1 ponto): usar 25%, por custo, do valor total de produtos instalados no edifício de maneira permanente (GBCB, 2016):
 - Produtos de fabricantes envolvidos em programas de segurança, saúde, perigo e riscos, que documentem no mínimo 99%, por peso, dos ingredientes usados para fazer o produto de construção ou material de construção;
 - Os fabricantes devem aplicar a verificação independente da cadeia de fornecimento, feita por terceiros e que verifique a presença de:
 - Processos para comunicar e priorizar ingredientes químicos em toda a cadeia de fornecimento, levando em consideração

informações sobre risco, exposição e uso disponível, a fim de identificar aquele que requer avaliação mais detalhadas;

- Processos para identificar, documentar e comunicar informações sobre saúde, segurança e características ambientais dos ingredientes químicos;
- Processos para implementar medidas para gerenciar os perigos e riscos de saúde, segurança e ambientais dos ingredientes químicos;
- Processos para otimizar os impactos ambientais, de saúde e segurança ao projetar e aprimorar ingredientes químicos;
- Processos para comunicar, receber e avaliar informações de administração e segurança dos ingredientes químicos ao longo da cadeia de fornecimento;
- Informações de administração e segurança dos ingredientes químicos são publicamente disponíveis em todos os pontos da cadeia de fornecimento.

Os produtos que satisfazem os critérios da Opção 3 são avaliados a 100% de seu custo para fins do cálculo de obtenção do crédito. Para o cálculo de obtenção do crédito nas Opções 2 e 3, produtos adquiridos extraídos, fabricados, ou adquiridos a até 160 km do terreno do projeto são avaliados em 200% de seu custo base de contribuição. Além disso, os valores dos produtos individuais em conformidade com a Opção 2 ou Opção 3 podem ser combinados para atingir o limiar de 25%, mas produtos em conformidade com a Opção 2 e a Opção 3 só podem ser contabilizados uma vez. No entanto, materiais de estrutura e invólucro não podem representar mais de 30% do valor total de produtos do edifício em conformidade (GBCB, 2016).

O projeto em análise não possui detalhamento e documentação disponível para a averiguação do cumprimento desse crédito, portanto não pode-se somar pontos. Assim, sugere-se que o projeto elabore um memorial descritivo dos materiais utilizados e a utilizar assegurando que tenha mais de 20 produtos diferentes empregados de forma permanente que atendam aos critérios do USGBC de ingredientes. Além de utilizar 25% do valor total de produtos instalados no edifício com certificação acreditada pelo USGBC com toda a cadeia de fornecimento do produto monitorada e analisada de acordo com as exigências das certificadoras competentes.

Dessa maneira, elaborando o memorial descritivo de materiais e garantindo a utilização de materiais de cadeia produtiva sustentável, pode-se somar dois pontos.

4.2.5.7. Crédito MR – Gerenciamento da construção e resíduos de demolição (1 a 2 pontos):

Objetivo: Minimizar a quantidade de resíduos de construção e demolição enviados para aterros sanitários ou instalações de incineração, adotando práticas de recuperação, reutilização e reciclagem de materiais (GBCB, 2016).

Requisitos: Reciclar e/ou recuperar materiais de construção e demolição não perigosos, utilizando cálculos de peso ou volume consistentes. No entanto, excluir solo escavado, entulho de limpeza de terreno e cobertura diária alternativa dos cálculos. Além disso, incluir resíduos de madeira reaproveitados como biocombustível nos cálculos, enquanto outros tipos de transformação de resíduos em energia não são considerados para este crédito. No entanto, em projetos que não conseguem atender aos requisitos do crédito por meio de métodos de reuso e reciclagem. Os sistemas de transformação de resíduos em energia podem ser considerados como reaproveitamento de resíduos, desde que sigam as diretrizes da Comissão Europeia para resíduos e incineração de resíduos e atendam às normas aplicáveis do Comitê Europeu de Normalização (GBCB, 2016).

- Opção 1, reaproveitamento (1 a 2 pontos):
 - Caminho 1: Reaproveitar 50% do total de material de construção e demolição. Os materiais reaproveitados devem incluir três fluxos de material (1 ponto);
 - Caminho 2: Reaproveitar 75% do total de material de construção e demolição. Os materiais reaproveitados devem incluir quatro fluxos de material (2 pontos).
- Opção 2 Redução do total de material descartado (2 pontos):
 - Não gerar mais que 12,2 kg de resíduos por metro quadrado da área de piso do edifício.

O projeto em análise atende ao critério da opção 1 utilizando o caminho 2. O empreendimento realiza diariamente processos de reutilização de materiais em boas condições, desde pregos utilizados em madeiras, desentortando-os, até madeira de

caixaria para a realização de formas na execução da estrutura. Os materiais impossibilitados de reutilização são descartados em pontos de coleta para reciclagem, como concreto, tijolo, madeira e restos de piso. O reaproveitamento dos materiais superam os 75%, pois além da reutilização dos insumos todos os projetos foram desenvolvidos e compatibilizados em BIM, assim gerando menos retrabalho e otimizando os recursos da obra. Portanto, o empreendimento já atende ao crédito e somam-se dois pontos.

4.2.6. Qualidade do Ambiente Interno (EQ)

Tabela 20 - Qualidade do ambiente interno

S	P	N	Energia e Atmosfera (EA)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
S			Pré-requisito	Desempenho mínimo da qualidade do ar interior	Obrigatório	
S			Pré-requisito	Controle ambiental da fumaça de tabaco	Obrigatório	
2			Crédito	Estratégias avançadas de qualidade do ar interior	2	2
3			Crédito	Materiais de baixa emissão	3	3
		0	Crédito	Plano de gerenciamento da qualidade do ar interior na construção	1	0
2			Crédito	Avaliação da qualidade do ar interior	2	2
1			Crédito	Conforto térmico	1	1
2			Crédito	Iluminação interior	2	2
3			Crédito	Luz natural	3	3
1			Crédito	Vistas de qualidade	1	1
		0	Crédito	Desempenho acústico	1	0
14	0	0	Pontuação total		16	14

Fonte: Adaptado de USGBC, 2016.

4.2.6.1. Pré-requisito EQ – Desempenho mínimo da qualidade do ar interior (obrigatório):

Objetivo: Promover o conforto e bem-estar dos ocupantes do edifício ao estabelecer padrões mínimos para a Qualidade do Ar Interior (GBCB, 2016).

Requisitos: Atender aos requisitos de ventilação e monitoramento.

Ventilação (GBCB, 2016):

- Espaços ventilados mecanicamente:
 - Opção 1, Norma ASHRAE 62.1-2010:
 - Para espaços ventilados mecanicamente e para sistemas de modo misto quando a ventilação mecânica está ativada, determinar o fluxo mínimo de admissão de ar externo para sistemas de ventilação mecânica usando o procedimento de taxa de ventilação conforme especificado na Norma ASHRAE 62.1–2010 ou em uma norma local equivalente, seguindo o critério mais rigoroso disponível.
 - Cumprir os requisitos mínimos estabelecidos na Norma ASHRAE 62.1–2010, abrangendo as Seções 4 a 7, referentes à Ventilação para Qualidade do Ar Interior Aceitável. Assim, considerando também quaisquer erratas aplicáveis, ou atenda a uma norma local equivalente, observando o padrão mais rigoroso.
 - Opção 2: Normas CEN EN 15251-2007 e EN 13779-2007:
 - Cumprir os requisitos mínimos de entrada de ar exterior conforme descritos no Anexo B da Norma EN 15251–2007 do Comitê Europeu de Normalização (CEN). Esta norma aborda os Parâmetros de Entrada para o Ambiente Interno e é aplicável ao projeto e avaliação do desempenho energético de edifícios, considerando a qualidade do ar interior, conforto térmico, iluminação e acústica. Adicionalmente, esses projetos podem seguir as diretrizes estabelecidas na Norma CEN EN 13779–2007, que define os Requisitos de Desempenho para Sistemas de Ventilação e Condicionamento de Ambientes em edifícios não residenciais. É importante ressaltar que as seções 7.3 de ambiente térmico, 7.6 de ambiente acústico, bem como os

Apêndices A.16 e A.17 dessa norma não se aplicam (GBCB, 2016).

- Espaços ventilados naturalmente:
 - Para espaços ventilados naturalmente e para sistemas de modo misto quando a ventilação mecânica está desativada, é necessário determinar os requisitos mínimos de configuração de abertura de ar externo e espaço. Isso pode ser feito utilizando o procedimento de ventilação natural estabelecido na Norma ASHRAE 62.1–2010 ou em normas locais equivalentes. Além disso, é essencial confirmar se a ventilação natural é uma estratégia eficaz para o projeto, seguindo o diagrama de fluxo do Manual de Aplicações AM10 do CIBSE de março de 2005, intitulado "Ventilação Natural em Edifícios Não Residenciais", Figura 2.8. Por fim, é necessário atender aos requisitos estabelecidos na Norma ASHRAE 62.1–2010, Seção 4, ou em normas locais equivalentes, sempre priorizando a mais rigorosa entre elas (GBCB, 2016).

Monitoramento (GBCB, 2016):

- Espaços ventilados mecanicamente:
 - Para sistemas de ar de volume variável, é necessário fornecer um medidor de fluxo de ar externo direto capaz de medir o fluxo mínimo de admissão de ar externo. Esse dispositivo deve ser capaz de medir o fluxo mínimo de admissão de ar externo com uma precisão de +/- 10% do fluxo mínimo de ar externo do projeto, conforme definido pelos requisitos de ventilação acima mencionados. Além disso, um alarme deve ser configurado para indicar quando o valor do fluxo de ar externo varia 15% ou mais em relação ao configurado no fluxo de ar externo (GBCB, 2016).
 - Para sistemas de volume constante, é necessário equilibrar o fluxo de ar externo até a vazão mínima de ar externo do projeto, conforme definida pela Norma ASHRAE 62.1–2010, ou superior. Para isso, deve-se instalar um transdutor de corrente no ventilador de abastecimento, uma chave de fluxo de ar ou um dispositivo de monitoramento semelhante (GBCB, 2016).
- Espaços ventilados naturalmente:

- Instalar um medidor de fluxo de ar de exaustão direto capaz de medir o fluxo de ar de exaustão. Este dispositivo deve ser capaz de medir o fluxo de ar de exaustão com uma precisão de +/- 10% da vazão de ar mínima de exaustão do projeto. Além disso, configurar um alarme para indicar quando os valores do fluxo de ar externo variarem 15% ou mais em relação ao valor alvo do fluxo de ar de exaustão (GBCB, 2016).
- Instalar dispositivos de indicação automática em todas as aberturas para ventilação natural que visam atender aos requisitos mínimos de abertura. Um alarme deve ser configurado para indicar quando alguma das aberturas estiver fechada durante as horas de ocupação (GBCB, 2016).
- Monitorar as concentrações de dióxido de carbono dentro de cada zona térmica. Os monitores de CO₂ devem ser posicionados entre 90 e 180 centímetros acima do piso e dentro da zona térmica. Esses monitores devem ter um indicador sonoro ou visual ou alertar o sistema de automação predial se a concentração de CO₂ detectada exceder o valor de referência em mais de 10%. Os pontos de ajuste adequados de CO₂ devem ser calculados utilizando os métodos descritos na Norma ASHRAE 62.1–2010, Apêndice C (GBCB, 2016).

Além dos requisitos mencionados anteriormente, cada unidade habitacional do projeto deve atender aos seguintes requisitos (GBCB, 2016):

- Utensílios de combustão não ventilados, como lareiras decorativas, não são permitidos nas unidades residenciais;
- Monitores de monóxido de carbono devem ser instalados em cada piso de cada unidade habitacional;
- Todas as lareiras e fogões a lenha internos devem ter invólucros de vidro sólido ou portas que vedem quando fechadas;
- Qualquer lareira ou fogão a lenha interno que não seja de combustão fechada ou ventilado mecanicamente deve ser submetido a um teste de potencial de explosão de fumaça para garantir que a despressurização da zona do utensílio de combustão seja inferior a 5 Pa;

- Equipamentos de aquecimento de espaços e de água que envolvem combustão devem ser projetados e instalados com combustão fechada, isto é, dutos de abastecimento e exaustão de ar vedados, com exaustão ventilada mecanicamente, ou posicionados em um edifício utilitário separado ou em uma instalação a céu aberto.

O projeto em estudo apesar de ser equipado com ar condicionado, os ambientes das unidades habitacionais foram considerados espaços ventilados naturalmente. Conforme as normas de etiquetagem do PROCEL, deve-se garantir área de janela maior que 8% da área útil de cada cômodo, de acordo com a Zona Bioclimática (ZB) em que o projeto está inserido que é a três (ZB 3). Além do percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil, tem-se a ventilação cruzada que é uma inequação da maior área de ventilação pela soma das outras áreas de ventilação deve ser maior que 25%. Além dos parâmetros de ventilação o projeto está equipado adequado às exigências normativas para a segurança dos usuários. Portanto, o empreendimento está de acordo com o pré-requisito de ventilação da certificação, em todos os parâmetros o edifício cumpriu com sobra as exigências mínimas.

4.2.6.2. Pré-requisito EQ – Controle ambiental da fumaça de tabaco (obrigatório):

Objetivo: Evitar ou reduzir ao mínimo a exposição dos ocupantes do edifício, das superfícies internas e dos sistemas de distribuição de ar à fumaça ambiental do tabaco (GBCB, 2016).

Requisitos: Proibir o fumo dentro e fora do edifício, exceto em áreas designadas localizadas a pelo menos 7,5 metros de todas as entradas, entradas de ar externo e janelas operáveis. Porém, caso não seja possível implementar a proibição de fumo em até 7,5 metros, devido a regulamentos locais, a equipe de projeto deve fornecer a documentação dessas normas. Além disso, deve haver sinalização a 3 metros de todas as entradas do edifício indicando a política de proibição de fumo. Deve-se seguir uma das duas opções (GBCB, 2016):

- Opção 1, Proibido fumar: Atender os requisitos acima;
- Opção 2, compartimentalização de áreas para fumantes:

- Proibir fumar dentro de todas as áreas comuns do edifício e tomar medidas para fazer cumprir a política;
- Proibir o fumo fora do edifício, exceto em áreas designadas para isso. Além disso, cada unidade deve ser compartimentalizada para evitar vazamento excessivo entre unidades;
- Vedar com fita de vedação todas as portas externas e janelas operáveis nas unidades residenciais para minimizar vazamentos provenientes de áreas externas;
- Vedar com fita de vedação todas as portas que levam de unidades residenciais para áreas comuns;
- Minimizar os caminhos não controlados para a transferência de fumaça e outros poluentes do ar interior entre unidades residenciais vedando penetrações em paredes, tetos e pisos;
- Demonstrar um vazamento máximo de 1,17 litros por segundo por metro quadrado a 50 Pa de pressão diferencial do invólucro, ou seja, superfícies que envolvem o apartamento, incluindo paredes, pisos e tetos externos e divisórias.

O empreendimento não permite que as pessoas fumem nas áreas comuns do edifício e utilizará placas sinalizadoras, além de detectores de fumaça e esquadrias com vedação. Portanto o edifício atende ao pré-requisito.

4.2.6.3. Crédito EQ – Estratégias avançadas de qualidade do ar interior (1 a 2 pontos):

Objetivo: Melhorar a qualidade do ar interior para promover o conforto, bem-estar e produtividade dos ocupantes (GBCB, 2016).

Requisitos: Cumprir os seguintes requisitos, conforme aplicabilidade (GBCB, 2016):

- Espaços ventilados mecanicamente:
 - Sistemas de entrada;
 - Prevenção de contaminação cruzada interna;
 - Filtração
- Espaços ventilados naturalmente:

- Sistemas de entrada (1 ponto);
- Cálculos do projeto de ventilação natural (1 ponto).
- Sistema de modo misto:
 - Sistemas de entrada;
 - Prevenção de contaminação cruzada interna;
 - Filtração;
 - Cálculos do projeto de ventilação natural;
 - Cálculos do projeto de modo misto.

Sistemas de entrada: instalação de sistemas de entradas permanentes com pelo menos 3 metros de comprimento na direção de deslocamento principal para capturar sujeira e partículas que entram no edifício por entradas utilizadas regularmente. Os sistemas de entradas podem ser grelhas instaladas permanentemente, capachos e qualquer outro material com a mesma função que desempenhe equivalentemente ou superior aos citados.

A avaliação desse crédito foi realizada seguindo o manual de Etiquetagem PROCEL RTQ-R. Os projetos nível A no PROCEL satisfazem as exigências do LEED (GBCB, 2018).

Considerando os ambientes das unidades habitacionais espaços ventilados naturalmente e conforme a Figura 24, a Zona Bioclimática da localidade do edifício que é a ZB3. Então, o percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso deve ser maior que 8%. Na Tabela 21, pode-se verificar os cálculos que garantem a proporção mínima da área de janela pela área de piso.

Figura 24 - Zonas bioclimáticas brasileiras



FONTE: Fonte: LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando O. R.
Eletrobrás/PROCEL, 2014

Tabela 21 - Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A)		
	ZB 1 a 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada	$A \geq 8\%$	$A \geq 5\%$	$A \geq 10\%$

Nota: Nas ZB 1 a 7 e nas cidades que possuam médias mensais das temperaturas mínimas abaixo de 20 °C, as aberturas para ventilação devem ser passíveis de fechamento durante o período de frio (excetuam-se as áreas de ventilação de segurança como as relativas às instalações de gás).

FONTE: Adaptado de NBR 15.575-4

O PROCEL RTQ-R (2018) requer que o projeto atenda aos requisitos de ventilação cruzada, conforme mostra a inequação abaixo. Após a realização dos cálculos constatou-se que a inequação resulta em $31\% \geq 25\%$, portanto está de acordo com os requisitos de ventilação. Como o projeto atende a todos os requisitos do crédito, somam-se 2 pontos para o empreendimento.

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 25\%$$

A₁ é o somatório das áreas de abertura de ventilação localizada na fachada com maior área de abertura para ventilação (m²);

A₂ é o somatório das áreas de abertura de ventilação localizada nas demais fachadas (m²);

4.2.6.4. Crédito EQ – Materiais de baixa emissão (1 a 3 pontos):

Objetivo: Diminuir as concentrações de contaminantes químicos que representam riscos para a qualidade do ar, saúde humana, produtividade e meio ambiente (GBCB, 2016).

Requisitos: Este crédito aborda requisitos de emissões de compostos orgânicos voláteis no ar interior e a concentração dos compostos nos materiais, bem como os métodos de teste para determinar as emissões internas de compostos orgânicos voláteis. Diferentes materiais devem atender a requisitos específicos para serem considerados em conformidade com este crédito. O interior e o exterior do edifício são divididos em sete categorias, cada uma com diferentes critérios de conformidade. O interior do edifício é definido como tudo contido dentro da membrana de impermeabilização, enquanto o exterior inclui tudo fora do sistema de impermeabilização primária e secundária, como membranas e materiais de barreiras contra ar e água (GBCB, 2016).

- Opção 1. Cálculos de categoria do produto: Alcançar o limiar de conformidade para emissões e concentrações em um determinado número de categorias de produtos como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Limiares de conformidade com normas para emissões e concentrações para 7 categorias de materiais

Categorias	Limiar	Requisitos de emissões e concentrações
Tintas e revestimentos internos aplicados no local	90% por volume de emissões e 100% para concentrações de compostos orgânicos voláteis	Avaliação de emissões gerais para tintas e revestimentos aplicados a paredes, pisos e tetos; Requisitos de concentração de compostos orgânicos voláteis para produtos de aplicação úmida.
Adesivos e selantes internos aplicados no local	90%, por volume, para emissões e 100% para concentração de compostos orgânicos voláteis	Avaliação de emissões gerais; Requisitos de concentração de compostos orgânicos voláteis para produtos de aplicação úmida.
Pisos	100%	Avaliação de emissões gerais
Madeira composta	100% não coberto por outras categorias	Avaliação de madeira composta
Isolamento de tetos, paredes, térmico e acústico	100%	Avaliação de emissões gerais

Fonte: USGBC, 2016.

Tabela 22 – Pontos para número de categorias de produtos em conformidade

Categorias em conformidade	Pontos
2	1
4	2
5	3

Fonte: USGBC, 2016.

- Opção 2. Método de cálculo de orçamento: caso alguns produtos de uma categoria não atenderem aos critérios, as equipes de projeto podem utilizar o método de cálculo de orçamento conforme a Tabela 23.

Tabela 23 – Pontos para porcentagem de conformidade, com método de cálculo de orçamento

Porcentagem do total	Pontos
≥ 50% e < 70%	1
≥ 70% e < 90%	2
≥ 90 %	3

Fonte: USGBC, 2016.

- O método de cálculo de orçamento organiza o interior do edifício em quatro conjuntos. Define-se como produtos do interior do edifício a parede, o teto e o piso.
 - Piso;
 - Teto;
 - Parede;
 - Isolamento térmico e acústico;
- Para a determinação da porcentagem total de materiais em conformidade, utilizam-se três equações fornecidas pelo USGBC.

O projeto em estudo utilizou a primeira opção para se adequar ao crédito e está em conformidade com as cinco categorias analisadas. Portanto, os materiais que já foram utilizados e os que estão planejados a ser utilizados estão em conformidade com o limiar de cada categoria, porém como o edifício não foi planejado para ser certificado não há um memorial descritivo para este crédito. Assim, sugere-se que seja desenvolvido um documento que junte todos os materiais utilizados e seus respectivos certificados sustentáveis para anexar ao projeto na solicitação de certificação. Logo, o projeto soma três pontos com as sugestões de ações necessárias, conforme a Tabela 22 devido o atendimento do crédito.

4.2.6.5. Crédito EQ – Plano de gerenciamento da qualidade do ar interior na construção (1 ponto):

Objetivo: Promover o bem-estar dos trabalhadores da construção e dos ocupantes de edifícios, ao mesmo tempo em que se reduzem os problemas de qualidade do ar interior relacionados à construção e à renovação (GBCB, 2016).

Requisitos: Durante a construção, devem ser desenvolvidos e implementados planos de gestão da qualidade do ar interior para as fases de construção e pré-ocupação do edifício. Devem ser abordados todos os itens a seguir (GBCB, 2016):

- Durante a construção, devem ser satisfeitas ou excedidas todas as medidas de controle recomendadas aplicáveis da Associação Nacional de Empreiteiros de Ar-condicionado e Serralheria (SMACNA), conforme estabelecido nas Diretrizes de Qualidade do Ar Interno para Edifícios Ocupados em Construção, 2ª edição, 2007, ANSI/SMACNA 008–2008, Capítulo 3;
- Os materiais de absorção armazenados e instalados no local devem ser protegidos contra danos por umidade;
- Equipamentos de manipulação de ar instalados permanentemente não devem ser operados durante a construção, a menos que um meio filtrante com valor mínimo de eficiência relatada de 8, conforme determinado pela Norma ASHRAE 52.2–2007, seja instalado em cada grelha de retorno de ar ou abertura de entrada de duto de transferência, de forma que não haja como desviar o meio filtrante. Imediatamente antes da ocupação, todos os meios filtrantes devem ser substituídos pelo meio filtrante final do projeto, instalado de acordo com as recomendações do fabricante;
- O uso de produtos de tabaco dentro do edifício e a menos de 7,5 metros da entrada do edifício durante a construção deve ser proibido.

O empreendimento em análise não está de acordo com todos os requisitos necessários desse crédito. Apesar de estar em conformidade em relação ao armazenamento dos materiais de absorção de umidade, a obra não atende ao requisito de uso de tabaco a menos de 7,5 metros da entrada do edifício durante a construção. Portanto, o projeto não atende ao crédito e não soma pontos.

4.2.6.6. Crédito EQ – Avaliação da qualidade do ar interior (1 a 2 pontos):

Objetivo: Oferecer um ar interior de melhor qualidade no edifício após a construção e durante a ocupação (GBCB, 2016).

Requisitos: Selecionar uma das duas opções a seguir, a ser implementada após a conclusão da construção e a limpeza completa do edifício. As opções não podem ser combinadas (GBCB, 2016).

- Opção 1, *Flush-Out* (1 ponto):
 - Caminho 1. Antes da ocupação:
 - Instalar meio filtrante novo e realizar o *flush-out* do edifício fornecendo um volume total de ar de 4.267.140 litros de ar externo por metro quadrado da área construída total e mantendo a temperatura interna a pelo menos 15 ° C, sem ultrapassar 27 ° C e umidade relativa de no máximo 60%.
 - Caminho 2. Durante a ocupação:
 - Se a ocupação for desejada antes do *flush-out* ser concluído, o espaço pode ser ocupado somente após o fornecimento de no mínimo 1.066.260 litros de ar externo por metro quadrado da área construída total e a manutenção da temperatura interna a pelo menos 15 ° C, sem ultrapassar 27 ° C e umidade relativa de no máximo 60%;
 - Quando o espaço estiver ocupado, ele deve ser ventilado a uma taxa mínima de 1,5 litro por segundo por metro quadrado de ar externo ou à taxa de ar externo mínima do projeto determinada no Pré-requisito EQ: Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior, a que for maior. Durante cada dia do período de *flush-out*, a ventilação deve começar pelo menos três horas antes da ocupação e continuar durante a ocupação. Essas condições devem ser mantidas até que um total de 4.270 litros de ar externo por metro quadrado tenha sido fornecido ao espaço.

- Opção 2, testes de ar (2 pontos):
 - Depois que a construção terminar e antes da ocupação, mas sob condições de ventilação típicas para ocupação, conduzir testes de Qualidade do Ar Interno padrão utilizando protocolos consistentes. Use versões atuais dos métodos das normas ASTM, de métodos ISO, ou conforme indicado;
 - Demonstrar que os contaminantes não excedem os níveis de concentração limite fornecido pela USGBC.

O projeto em estudo não atende ao crédito, porém sugere-se que seja feita análise em laboratório especializado com laudo comprovando a qualidade do ar conforme a opção 2 após o término da obra. Assim, o empreendimento garante os níveis mínimos de qualidade interna do ar e soma dois pontos.

4.2.6.7. Crédito EQ – Conforto térmico (1 ponto):

Objetivo: Proporcionar conforto térmico de qualidade é essencial para promover a produtividade, o conforto e o bem-estar dos ocupantes.

Requisitos: Atender aos requisitos do projeto de conforto térmico e de controle térmico.

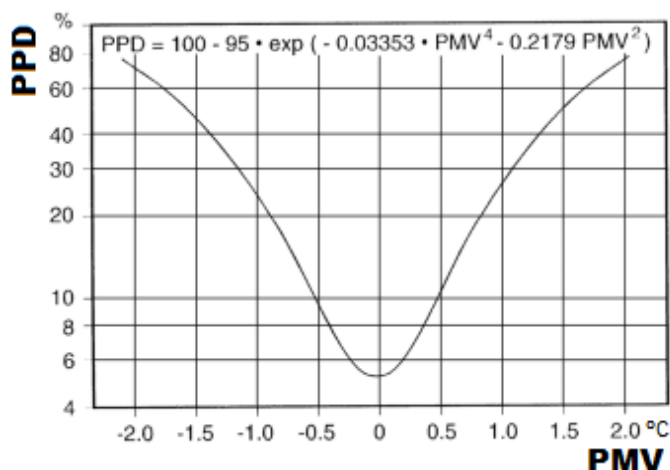
- Projeto de conforto térmico:
 - Opção 1, norma ASHRAE 55-2010: desenvolver sistemas de AVAC, juntamente com o projeto do envelope do edifício, de modo a atender aos padrões estabelecidos na Norma ASHRAE 55–2010, que trata das condições de conforto térmico para ocupação humana.
 - Opção 2. Normas ISO e CEN: Projetar sistemas AVAC e envelope do edifício para atender aos requisitos das normas:
 - ISO 7730:2005, Ergonomia do ambiente térmico. Realizar a análise do conforto térmico utilizando os índices Voto Médio Previsto (PMV) e Porcentagem Prevista de Insatisfeitos (PPD), juntamente com os critérios locais relevantes para o assunto;
 - A Norma CEN EN 15251:2007 trata dos parâmetros de entrada do ambiente interno, para projeto e avaliação do desempenho

energético de edifícios, abordando a qualidade do ar interior, ambiente térmico, iluminação e acústica.

- Controle de conforto térmico:
 - Deve-se fornecer dispositivos de controle individual de conforto térmico para 50% dos espaços ocupados individualmente. Disponibilizar controles de conforto térmico combinados para todos os espaços compartilhados ocupados por múltiplos indivíduos;
 - Os controles de conforto térmico permitem que os ocupantes, tanto em espaços individuais quanto em áreas compartilhadas com múltiplos usuários, ajustem pelo menos um dos seguintes elementos em seu ambiente local: temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e umidade.

Conforme consta na norma ASHRAE 55-2010, a temperatura de operação ideal seria 23,7 °C com a umidade relativa do ar em 60%. Então, conforme o gráfico de PMV pela PPD adequando o sistema de condicionamento do ar no ponto ótimo tem-se apenas 6% de insatisfação com a temperatura. Por outro lado, ao modificar a temperatura em 2 °C para mais ou para menos tem-se até 80% de insatisfação. Assim, gera um gráfico PMVxPPD com uma curva exponencial com número de Euler elevado a x na quarta potência, formando uma curva semelhante a um sino invertido, como mostra a Figura 25. Portanto, o edifício pode atingir esse conforto térmico em boa parte do ano com a ventilação natural pelas suas janelas e em dias com maior variação térmica do ponto ótimo de referência, usa-se os condicionadores de ar que equipam cada cômodo com uso e configuração individualizada. Logo, o projeto está de acordo com os requisitos do crédito e soma um ponto.

Figura 25 –Voto Médio Previsto pela Porcentagem Prevista de Insatisfeitos (PMVxPPD)



Fonte: ASHRAE 55, 2010

4.2.6.8. Crédito EQ – Iluminação interior (1 a 2 pontos):

Objetivo: promover a produtividade, o conforto e o bem-estar dos ocupantes por meio da disponibilização de iluminação de excelente qualidade.

Requisitos: seguir uma ou as duas opções para pontuar.

- Opção 1, controle de iluminação (1 ponto):
 - Para garantir a flexibilidade e o conforto dos ocupantes, oferecer controles individuais de iluminação para 90% dos espaços individuais. Esses controles permitirão que os ocupantes ajustem a iluminação conforme suas tarefas e preferências individuais, com pelo menos três opções de níveis ou cenários de iluminação: ligado, desligado e médio. O cenário médio deve representar de 30% a 70% do nível máximo de iluminação, excluindo as contribuições da luz natural;
 - Aos espaços compartilhados com muitas pessoas, atender os requisitos a seguir:
 - a. Instalar sistemas de controle de múltiplas zonas para permitir que os ocupantes ajustem a iluminação de acordo com as necessidades e preferências do grupo. Esses sistemas devem fornecer pelo menos três opções de níveis ou cenários de iluminação: ligado, desligado e médio. Isso garantirá flexibilidade

- e conforto para os ocupantes, permitindo que eles adaptem a iluminação conforme necessário;
- b. A iluminação de qualquer apresentação ou tela de projeção deve ser gerenciada de forma independente, assim podendo ser controlada separadamente do restante do ambiente;
 - c. Interruptores ou controles manuais devem estar localizados no mesmo espaço das luminárias controladas. Além disso, a pessoa responsável pela operação dos controles deve ter uma linha de visão direta para as luminárias controladas.
- Opção 2, qualidade da iluminação (1 ponto):
 - Deve-se escolher quatro das seguintes estratégias para somar o crédito:
 - a. Para todos os espaços regularmente ocupados, recomenda-se o uso de luminárias com luminância inferior a 2.500 cd/m^2 entre os ângulos de 45 e 90 graus do nadir;
 - b. Para todo o projeto, recomenda-se o uso de fontes de luz com um Índice de Reprodução de Cor (IRC) de 80 ou superior;
 - c. Pelo menos 75% da carga total de iluminação conectada, deve-se fazer o uso de fontes de luz com vida nominal de 24.000 horas;
 - d. Utilizar até 25% de iluminação suspensa para carga total de iluminação conectada para os espaços ocupados regularmente;
 - e. No mínimo, 90% da área de piso ocupada regularmente deve ter níveis de refletância média ponderada por área que atendam ou superem os seguintes limiares: 85% para tetos, 60% para paredes e 25% para pisos;
 - f. Pelo menos 75% da área de piso ocupada regularmente, obtenha coeficiente de luminância média da superfície da parede em relação à luminância média do plano de trabalho não superior a 1:10. Além disso, é necessário aderir à estratégia E, ou demonstrar uma refletância média ponderada por área de pelo menos 60% para as paredes;
 - g. Para pelo menos 75% da área de piso ocupada regularmente, atingir a um coeficiente de luminância média do teto para luminância do plano de trabalho que não exceda 1:10. Também é necessário cumprir a estratégia e/ou demonstrar uma

refletância de superfície ponderada por área de pelo menos 85% para tetos.

O projeto em estudo atende a opção 1, pois está previsto no projeto elétrico interruptores que acionam diferentes luzes de um mesmo ambiente para adequar-se à iluminância necessária. No projeto elétrico há interruptores paralelos em alguns ambientes para proporcionar mais conforto aos usuários. O edifício também atende a opção 2 para os quesitos de luminárias com luminância inferior a 2.500 cd/m² e ângulo entre 45 e 90 graus, fontes de luz com IRC > 80%, todas as fontes de luz tem vida útil nominal maior que 24.000 horas e os níveis de refletância média atendem aos limiares de 85% para tetos, 60% para paredes e 25% para piso. A predominância de revestimentos claros garantiu a refletância média atenderem ao limiar exigido, assim otimizando a eficiência das fontes de luz e reduzindo a necessidade de luz artificial nos ambientes. Logo, o empreendimento está de acordo com o crédito e soma dois pontos.

4.2.6.9. Crédito EQ – Luz natural (1 a 3 pontos):

Objetivo: Estabelecer uma ligação entre os ocupantes do edifício e o ambiente externo, promover os ritmos circadianos e diminuir o uso de iluminação elétrica ao introduzir luz natural no espaço.

Requisitos: Fornecer dispositivos de controle de ofuscamento, tanto manuais quanto automáticos, para todos os espaços regularmente ocupados. Escolher uma das opções a seguir.

- Opção 1. Simulação: Autonomia espacial da luz natural e exposição anual à luz solar (2 a 3 pontos):
 - Demonstrar, por meio de simulações anuais em computador, que é alcançada uma Autonomia Espacial da Luz Natural 300/50% (sDA_{300/50%}). Portanto a porcentagem de área que excede um valor mínimo de iluminância por um determinado período de tempo ao longo do ano, neste caso sDA_{300/50%} indica que a área onde os níveis de iluminação excedem 300 lux por pelo menos 50% do tempo de pelo menos 55%, ou 75% da área de piso regularmente ocupada. Utilizar a área de piso regularmente ocupada para projetos em geral, se a

conformidade atingir 55%, ou acima de 75% os pontos serão concedidos conforme indicado na Tabela 24.

Tabela 24 - Pontos para área de piso com luz natural: autonomia espacial da luz natural

sDA por área de piso regularmente ocupada (%)	Pontos
55	2
75	3

Fonte: USGBC, 2016

- Demonstrar em simulações que é obtida uma exposição à luz solar 1000,250 ($ASE_{1000,250}$) de no máximo 10%, significa que apenas 10% da área de piso pode receber mais de 1000 Lux por 250 horas do ano. Utilizar a área de piso regularmente ocupada com luz natural de acordo com as simulações de $sDA_{300/50\%}$;
- As grades de cálculo e ASE devem ter no máximo 60 cm quadrados e estar dispostas na área ocupada regularmente a uma altura de plano de trabalho de 75 cm acima do piso com acabamento. Incluir todas as obstruções internas permanentes.
- Opção 2. Simulação: cálculos de luminância (1 a 2 pontos):
 - Demonstre, por meio de modelagem em computador, que os níveis de luminância estarão entre 300 lux e 3.000 lux para 9h00 e 15h00, respectivamente, em um dia de céu claro no equinócio, para a porcentagem de área de piso indicada na Tabela 25. Utilize a área de piso regularmente ocupada para realizar essa análise.

Tabela 25 - Pontos para área de piso com luz natural: cálculo de luminância

Porcentagem da área de piso regularmente ocupada (%)	Pontos
75	1
90	2

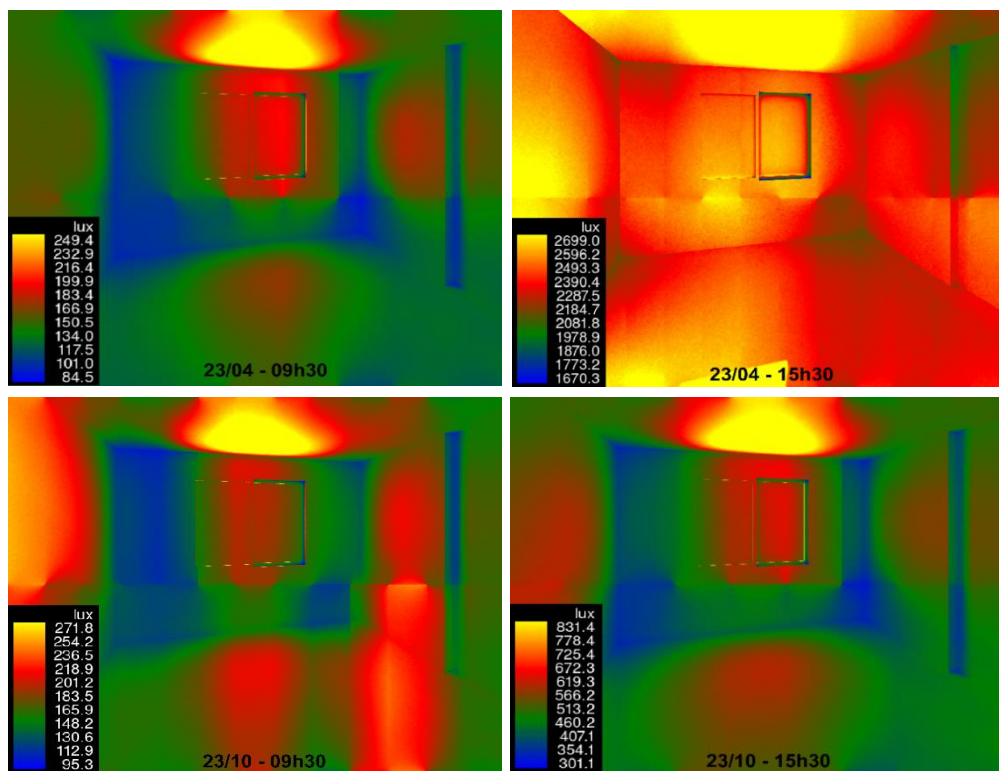
Fonte: USGBC, 2016

- Para calcular a intensidade de luminância do sol, o componente direto, e do céu, o componente difuso, para condições de céu aberto, seguir estas etapas:
 - Utilizar dados de um ano meteorológico típico da estação climática mais próxima disponível;
 - Selecionar um dia entre os 15 dias anteriores ou posteriores a 21 de setembro e um dia entre os 15 dias anteriores e posteriores a 21 de março que representem a máxima condição de céu aberto;
 - Calcular a média do valor horário dos dois dias selecionados.
- Persianas e cortinas devem ser excluídas do modelo, assim como os móveis. Porém, deve-se incluir as obstruções internas permanentes.

Para este crédito, foi feita uma análise computacional com o projeto do edifício modelado no software Revit 2025 com auxílio dos softwares *Green Building Studio* e do *Insight*. Assim, gerou-se quatro análises computacionais de cada cômodo crítico de longa duração do edifício, simulando o cômodo mais desfavorável da edificação.

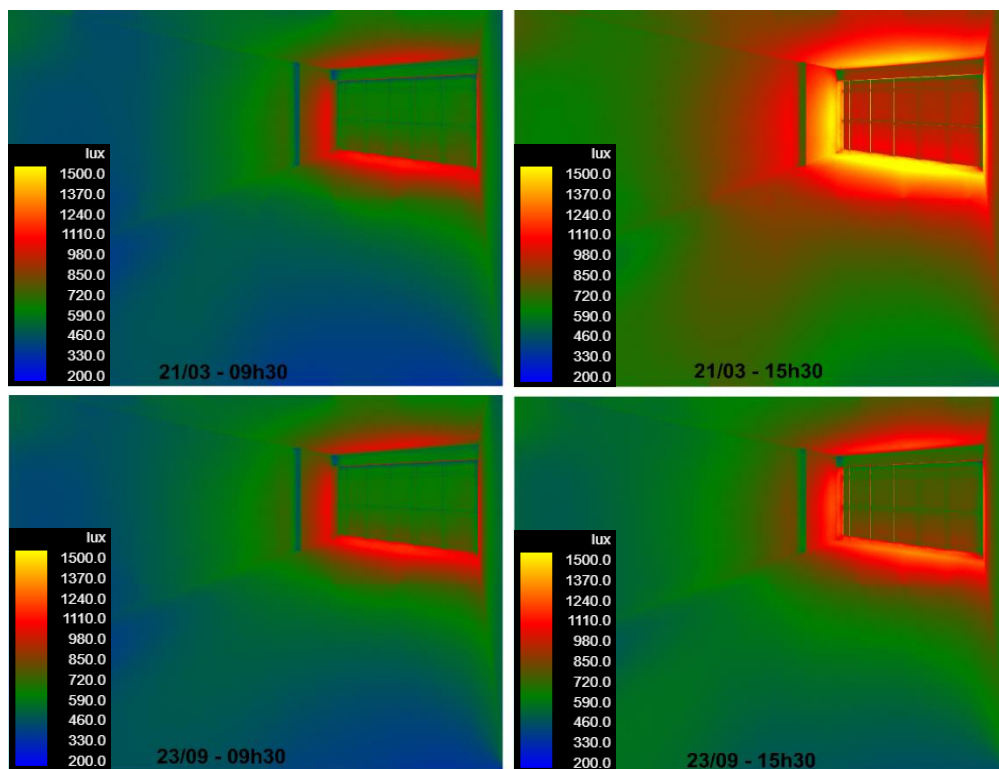
Foi definido o ambiente mais desfavorável da edificação seguindo os critérios de menor cota em relação à rua, maior proximidade à edificações vizinhas e maior abrigo do sol durante o ano. Seguindo esses critérios elegeu-se a suíte do apartamento de final 2 do primeiro pavimento tipo e o cômodo de menos favorável é a suíte do canto do prédio nas fachadas oeste e sul. Desse modo, pode-se observar os resultados da simulação computacional do cômodo menos favorável e do cômodo com maior iluminação do apartamento, como mostram as Figuras 18 e 19.

Figura 26 - Suíte menos favorável



Fonte: De autoria própria 2024

Figura 27 – Sala de estar, cômodo com maior incidência solar do apartamento



Fonte: De autoria própria, 2024

Para realizar as simulações foram adotados os parâmetros, conforme o banco de dados fornecido pelo *Green Building Studio*. As simulações foram realizadas com referência nas datas de 23 de abril às 09 horas e 30 minutos da manhã e às 15 horas e 30 minutos da tarde e 23 de outubro nos mesmos horários, conforme previsto na NBR 15.575. A Irradiação Direta Normal (DNI) e a Irradiação Difusa Horizontal (DHI) foram adotados os seguintes valores:

- Para 23 de abril foram adotados DNI de 588 e DHI de 86 para a simulação as 09 horas e 30 minutos da manhã e DNI de 669 e DHI de 90 para o horário de 15 horas e 30 minutos;
- Para 23 de outubro foram adotados DNI de 725 e DHI de 93 para a simulação as 09 horas e 30 minutos da manhã e DNI de 716 e DHI de 93 para o horário de 15 horas e 30 minutos;

Nas simulações foi levado em conta as edificações do entorno do projeto em estudo, como mostra a Figura 2, a sala de estar tem mais iluminação durante a tarde do que no período da manhã, pois recebe mais luz proveniente da reflexão do edifício da frente do prédio do que quando o sol nasce, porque está na sombra.

Logo, conclui-se que o projeto atende aos requisitos da opção 1 com mais de 75% da área de piso com iluminação superior a 300 lux durante mais de 55% do ano, assim como atende à norma de desempenho com que exige no mínimo 120 lux. Assim, somam-se três pontos para esse crédito.

4.2.6.10. Crédito EQ – Vistas de qualidade (1 ponto):

Objetivo: Proporcionar aos ocupantes do edifício uma ligação com o ambiente externo natural, oferecendo vistas de qualidade.

Requisitos: Garantir 75% de toda a área de piso regularmente ocupada tenha uma linha de visada direta para a área externa por meio de vidraças. As vidraças nessa área devem proporcionar uma visão clara e sem obstruções do exterior, sem vidraças escurecidas ou estampadas que possam distorcer o equilíbrio de cores. Além disso, 75% de toda a área de piso ocupada regularmente deve oferecer pelo menos dois dos quatro tipos de vistas a seguir:

- Múltiplas linhas de visada para vidraças em diferentes direções, separadas por no mínimo 90 graus;

- Vistas que incluem pelo menos dois dos seguintes elementos: (1) flora, fauna ou céu; (2) movimento; e (3) objetos localizados a pelo menos 7,5 metros do exterior da vidraça;
- Vistas desobstruídas localizadas a uma distância inferior a três vezes a altura das vidraças;
- Vistas com um fator de visão de 3 ou mais, conforme definido em "Janelas e escritórios: Um estudo sobre o desempenho do trabalhador de escritório e o ambiente interno" (CEC, 2003). O autor explica que o nível 3 é uma visão sem obstáculos para a janela, diferentemente da visão 1 ou 2 que apresentam uma visão obstruída para a janela.
 - Vistas para átrios internos podem ser usadas para atender até 30% da área necessária.

O projeto em estudo possui aproximadamente 86% da área de piso com vistas à vidraças, sendo as visadas para o movimento da BR-101 e movimento local, além das visadas para o céu e os objetos mais próximo a 10 metros de distância. Portanto, o edifício satisfaz ao crédito somando um ponto.

4.2.6.11. Crédito EQ – Desempenho acústico (1 ponto):

Objetivo: Desenvolver espaços de trabalho e salas de aula que melhorem o bem-estar, a produtividade e as comunicações dos ocupantes por meio de um projeto acústico eficaz.

Requisitos: Para todos os espaços ocupados, garanta a conformidade com os seguintes requisitos, conforme aplicáveis, para ruído de fundo do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC), isolamento sonoro, tempo de reverberação e reforço e mascaramento sonoros.

- Ruído de fundo de AVAC:
 - Para obter os níveis máximos de ruído de fundo dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC), consultar o Manual de Aplicações de AVAC de 2011 da ASHRAE, Capítulo 48, Tabela 1; Norma AHRI 885-2008, Tabela 15; ou uma norma local equivalente.

Calcular ou medir os níveis sonoros usando um medidor de nível de som que esteja em conformidade com a Norma ANSI S1.4;

- Para instrumentos de medição de som de tipo 1 para precisão ou tipo 2 para uso geral, ou um equivalente local;
- Cumprir os critérios de projeto para os níveis de ruído do AVAC resultantes dos caminhos de transmissão de som listados no Manual de Aplicações de 2011 da ASHRAE, Tabela 6; ou uma norma local equivalente.
- Transmissão de som:
 - Atenda às avaliações da classe de transmissão de som composta (STC_c) listada na Tabela 26, ou o código de construção civil local, o que for mais rigoroso.

Tabela 26 - Avaliações máximas de classe de transmissão de som composta para espaços adjacentes

Combinações de adjacência		STC _c
Quarto	Quarto	55
Quarto	Corredor, escada comum	50
Quarto	Lojas de varejo	60

Fonte: USGBC, 2016

- Tempo de reverberação: o projeto deve garantir a conformidade com os requisitos de tempo de reverberação < 0,6 segundos.

Conforme Georges (2000), a absorção de decibéis pela vedação vertical de alvenaria é de 42 dB, portanto não atende à categoria quarto/quarto, que o mínimo requerido é de 50 dB. Conclui-se, portanto, que o projeto não atende ao crédito.

4.2.7. Inovação (IN)

Tabela 27 – Inovação

S	P	N	Inovação (IN)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
		0	Crédito	Inovação	5	0
		0	Crédito	Profissional Acreditado LEED	1	0
0	0	0	Pontuação total		6	0

Fonte: Adaptado de USGBC, 2016.

4.2.7.1. Crédito IN – Inovação (1 a 5 pontos):

Objetivo: Incentivar os projetos a alcançarem desempenho excepcional ou inovador.

Requisitos: As equipes de projeto têm a liberdade de empregar qualquer combinação de estratégias de inovação, créditos piloto e demonstrações de desempenho exemplar.

- Opção 1. Inovação (1 ponto): Obter desempenho ambiental mensurável e significativo ao utilizar uma estratégia não incluída no sistema de avaliação de edifícios verdes LEED, identificar:
 - O objetivo do crédito de inovação proposto;
 - Os requisitos propostos para conformidade;
 - As submissões propostas para demonstrar conformidade;
 - A abordagem ou as estratégias de projeto utilizadas para atender aos requisitos.
- Opção 2. Piloto (1 ponto): Obter um crédito piloto da biblioteca de créditos piloto LEED do USGBC.
- Opção 3. Estratégias adicionais:
 - Inovação (1 a 3 pontos), definida na opção 1;
 - Piloto (1 a 3 pontos), atendendo aos requisitos da opção 2;
 - Desempenho exemplar (1 a 2 pontos), alcançar o dobro dos requisitos do crédito ou alcançar a próxima porcentagem do limiar incremental.

Como o projeto em estudo não foi projetado para a certificação LEED, o empreendimento não atende a esse critério.

4.2.7.2. Crédito IN – Profissional acreditado pelo LEED (1 ponto):

Objetivo: Promover a integração da equipe necessária em um projeto LEED e simplificar o processo de inscrição e certificação.

Requisitos: Pelo menos um membro da equipe de projeto deve ser um Profissional Acreditado LEED com especialização adequada para o projeto.

A equipe responsável pelo empreendimento não tem habilitação de Profissional Acreditado do LEED, assim não soma nenhum ponto neste crédito.

4.2.8. Prioridade Regional (RP)

Tabela 28 - Prioridade regional

S	P	N	Prioridade Regional (RP)		Pontos possíveis	Pontos obtidos
	1		Crédito	Produção de Energia Renovável	1	1
1			Crédito	Luz Natural	1	1
1			Crédito	Proteger ou Restaurar <i>Habitat</i>	1	1
1			Crédito	Gestão de Águas Pluviais	1	1
0	0	0	Pontuação total		4	4

Fonte: USGBC adaptada pelo autor

4.2.8.1. Crédito RP – Prioridade regional (1 a 4 pontos):

Objetivo: Proporcionar estímulo para a obtenção de créditos que abordem prioridades ambientais, de igualdade social e de saúde pública específicas para a região geográfica em questão.

Requisitos: Pode-se obter até quatro créditos de Prioridade Regional consultando o banco de dados de créditos de Prioridade Regional e sua aplicabilidade

geográfica disponível no site do USGBC. Assim, é concedido um ponto para cada crédito de Prioridade Regional obtido, até um máximo de quatro pontos.

Conforme as ofertas de créditos de prioridade regional listadas no site do USGBC, optou-se pelos créditos de produção de energia renovável, proteção ou restauração do *Habitat*, luz natural e gestão de águas pluviais.

4.3. Análise financeira

A análise financeira foi baseada em um estudo de Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2020) para fins didáticos, abordando o custo de implementação de medidas para a obtenção dos créditos da certificação LEED, conforme o nível da certificação. Segundo os autores, o custo médio de adaptação para cada crédito de um projeto classificado como Platinum varia entre 4,5% e 6,5%, sendo adotado neste estudo uma média de 5% do valor total da obra.

Como o edifício ainda está em fase de construção e não é possível determinar o custo real da obra, utilizou-se o Custo Unitário Básico (CUB) da construção civil, que está referenciado em R\$ 3.082,56/m². Conforme o projeto, a edificação possui uma área de 7.645,02 m², resultando em um custo total estimado de R\$ 23.566.232,85. Assim, o custo de implantação da certificação LEED neste empreendimento é de aproximadamente R\$ 1.178.311,64.

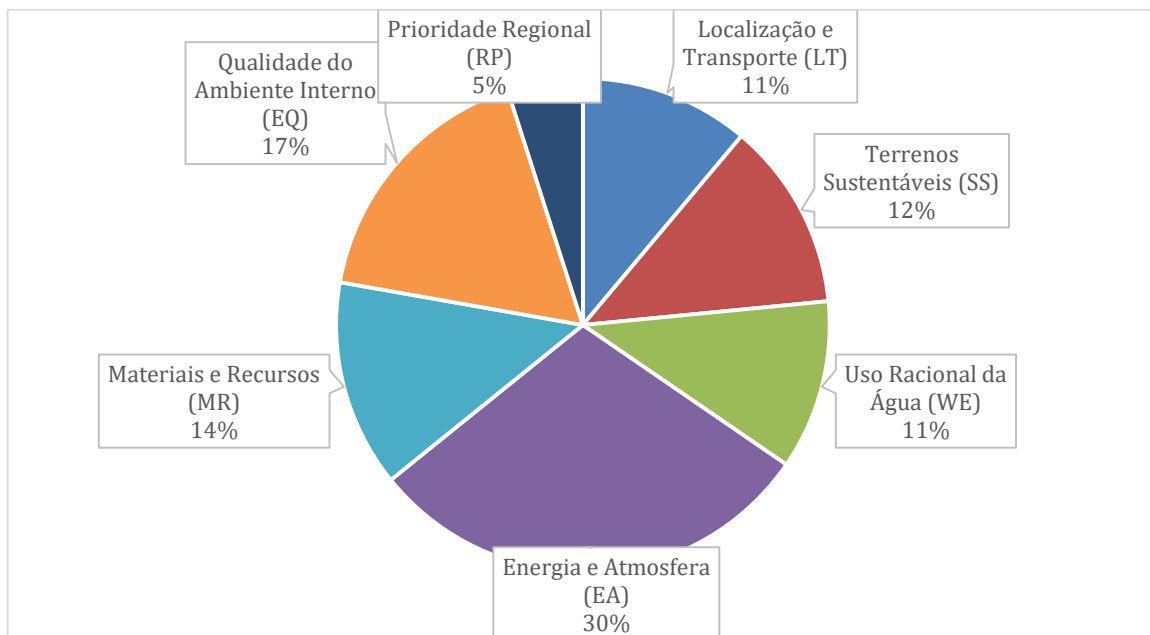
De acordo com estudos de Li, Fang e Yang (2021), os aluguéis de empreendimentos certificados LEED são, em média, 19,5% mais caros do que os de prédios não certificados. Considerando uma rentabilidade mensal básica de 0,5% sobre o valor aplicado de R\$ 23 milhões, a rentabilidade mensal seria de R\$ 117.831,16, considerando que o valor do aluguel será de 0,5% do valor do imóvel. Com o acréscimo de 19,5% devido à certificação LEED, essa rentabilidade aumenta em R\$ 22.977,07 por mês.

Utilizando juros compostos e adotando uma taxa de juros anual de 10,5%, o período de retorno de um edifício sustentável certificado LEED Platinum é de aproximadamente cinco anos e oito meses. Comparando esses 68 meses com o ciclo de vida de um edifício, estimado em 50 anos, teremos 44 anos e 4 meses de retorno financeiro, além de possuir um imóvel mais valorizado, eficiente e sustentável.

4.4. Considerações finais

O projeto acumulou 81 pontos no sistema de avaliação de novas construções do LEED BC+C. Desses 81 pontos, 39 o projeto garantiu sem a necessidade de alterações e sugestões, os outros 42 pontos foram atendidos por meio de estudo caso a caso para garantir que o requisito fosse atendido de forma integral. A Figura 28 mostra a distribuição de pontos por categorias de avaliação do LEED.

Figura 28 - Pontuação obtida por categoria da certificação LEED



Fonte: De própria autoria, 2024

Conforme a análise realizada nesse trabalho o LEED valoriza mais a categoria de Energia e Atmosfera. Para o projeto em estudo essa categoria foi responsável por 30% dos créditos. O empreendimento acumulou 81 créditos na análise da certificação, assim se enquadra no nível máximo da certificação o LEED Platina (80 ou mais créditos).

A análise da certificação foi baseada na versão 4 do LEED BD+C. Em fevereiro de 2024, o GBC Brasil disponibilizou a versão 4.1 da certificação para novas construções. No entanto, a versão utilizada neste trabalho permanece válida e, até o momento, não há previsão de expiração. O USGBC deve aprovar um período de

transição de dois anos para permitir que projetos em andamento possam concluir suas certificações conforme a versão anterior.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi feita uma análise para adequação de um edifício residencial multifamiliar localizado na cidade de Balneário Camboriú/SC ao sistema de certificação verde do LEED categoria BD+C versão 4, para novas construções. As análises e as adequações foram embasadas no manual de certificação do LEED BD+C v4.

Ao analisar os pré-requisitos e créditos da certificação aplicados ao empreendimento de estudo, concluiu-se que o edifício não atenderia o número mínimo de créditos para receber a certificação, porém a pontuação atendida do projeto foi superior ao esperado, motivo pelo qual após algumas sugestões de alterações o projeto atingiu o maior nível de certificação LEED possível, o LEED Platina. Destaca-se a relevância para a categoria de Energia e Atmosfera, principalmente ao crédito da Otimização do Desempenho Energético que tem possibilidade de atingir 18 pontos.

Este estudo mostrou a importância das certificações verdes para o desenvolvimento das cidades em sintonia com a natureza. As certificações balizam os empreendimentos à padrões elevados de gestão e controle do uso de recursos naturais. Dessa maneira, preserva a biodiversidade e reduz o custo operacional do edifício.

A sugestão de alterações de projeto para atender o crédito de Redução do Uso de Água no Interior terá impacto financeiro e ecológico significativo ao longo da vida útil de projeto do empreendimento.

Os resultados das análises dos créditos que o projeto atende sem alterações mostram que o empreendimento têm duas categorias em destaque: Localização e Transporte e Qualidade do Ambiente Interno. O projeto é considerado bem localizado conforme a certificação LEED, pois não ocupa nenhum espaço sensível à biodiversidade local, está rodeado de serviços e comércios e apoia o uso de veículos elétricos com a infraestrutura necessária. Em relação à Qualidade do Ambiente Interno, destaca-se para a orientação solar do empreendimento que evitou-se muitas aberturas na fachada norte e valorizou-se a insolação na fachada Leste. Assim, garante a qualidade de vida das pessoas com a insolação matutina em todos os apartamentos e reduz-se a necessidade de refrigeração dos cômodos, conseqüentemente menos gasto energético para garantir o conforto térmico.

Por fim, os empreendimentos que adotam o sistema LEED além de contribuírem para o meio ambiente, oferecem vantagens diretas e indiretas para os proprietários, ocupantes e para a comunidade em geral. A certificação busca por benefícios financeiros como a redução de custos operacionais e a valorização do imóvel. Nesse contexto, os benefícios sociais e de saúde também são notáveis, como a qualidade do ambiente interno, o conforto e a satisfação dos ocupantes. Portanto, a certificação LEED pode ser considerada uma prioridade para qualquer empreendimento comprometido com um futuro sustentável.

5.1. Limitações

As limitações encontradas durante a realização do trabalho foram:

- As simulações energéticas para o crédito de otimização de desempenho energético, havendo a necessidade de arbitrar valores encontrados na literatura para validar as informações;
- Falta de informações precisas da construtora do empreendimento, assim como dificuldades de documentos comprobatórios para certos requisitos;
- A variabilidade e o volume de trabalho para obter os custos de cada sugestão de alteração do projeto.

5.2. Recomendações para trabalhos futuros

As recomendações para trabalhos futuros são:

- Utilizar a versão atualizada do LEED para as análises;
- Complementar esse trabalho realizando estudo energético detalhado para o empreendimento em estudo;
- Realizar análise financeira detalhada para cada alteração necessária;
- Realizar análises semelhantes com outras certificações verdes e comparar com os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. Acesso em: março de 2024.
- ALAWAM, Yousef Saad; ALSHAMRANI, Othman Subhi. Initial cost assessment stochastic model for green buildings based on LEED score. **Energy & Buildings**, v. 245, p. 111045, 28 abr. 2021.
- AMARAL, Marco Antônio Teixeira de. Green building: análise das dificuldades (ainda) enfrentadas durante o processo de certificação LEED no Brasil. 2013. Disponível em <http://hdl.handle.net/10438/11105>. Acesso em março de 2024.
- AIA - The American Institute of Architects. **How health factors into green building rating systems: LEED v4**. Traci Rose Rider, 2017. Disponível em <https://www.aia.org/articles/142541-how-health-factors-into-green-building-rating/>. Acesso em 07 de outubro de 2023.
- ARAÚJO, Márcio Augusto. A moderna construção sustentável. **IDHEA-Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica**, 2008. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/revista/artigos/a-moderna-construcao-sustentavel/589>. Acesso em março de 2024.
- BAECHLER, M.; FARLEY, J. A guide to building commissioning. Washington: Pacific Northwest National Laboratory, 2011, 47p. Prepared for U.S. Department of **Energy: building technologies program**, in 25/11/2011. Acessado em maio de 2024
- BARROS, Muñoz Ana Dorys; FABRICIO, Marcio Minto. **A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED e Processo AQUA) no Brasil: Motivações, benefícios e dificuldades**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- BONI, F. **Como se tornar um LEED green associate**. Filipe Boni, 2015. Disponível em <https://www.ugreen.com.br/wp-content/uploads/2016/03/LEED-Green-Associate-Revisa%CC%83o-Final-R03.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2023.
- BRASIL. Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF, 2001a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10295.htm. Acesso em: março de 2024.

- BRASIL. Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei n° 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm. Acesso em: março de 2024.
- CAMPOS, V. R.; MATOS, N. S.; BERTINI, A. A. Sustentabilidade e gestão ambiental na construção civil: análise dos sistemas de certificação LEED e ISO 14001. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 1, n. 1, p. Pag. 1104–1118, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5559958.pdf>/ Acesso em: 16 de outubro de 2023.
- CAVALCANTE, Rodrigo de Castro Dantas, Ualfrido Del Carlo, Anesia Barros Frota, and Fernando Simon Westphal. Simulação Energética Para Análise Da Arquitetura De Edifícios De Escritório Além Da Comprovação De Conformidade Com Códigos De Desempenho. Universidade de São Paulo, 2010.
- CB3E – CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Manual para Aplicação do RTQ-C, v.2, Brasil, 2013. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manualv02_1.pdf. Acesso em: Março de 2024.
- CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília, 2013. Disponível em: https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Guia_da_Norma_de_Desempenho_2013.pdf. Acesso em março de 2024.
- CEC – *California Energy Commission. **Windows and Offices: A Study of offices Worker Performance and the Indoor Environment.*** HESCHONG, L.; SAXENA, M. Outubro/2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328416566_Windows_and_Offices_A_Study_of_Office_Worker_Performance_and_the_Indoor_Environment. Acesso em 19 de março de 2024.
- CMED – Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum (Relatório Brundtland)**. CMED, 1987. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em 24 de novembro 2023.

- CORDOVA, M. M.; GHISI, E. Netuno 4, Manual do Usuário. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**, Junho de 2014. Disponível em <https://labeee.ufsc.br/downloads/softwares/netuno>. Acesso em março de 2024.
- DIAMOND, R.; OPITZ, M.; HICKS, T.; NEIDA, B. V.; HERRERA, S. Evaluating the energy performance of the first generation of LEED-certified commercial buildings. **Lawrence Berkeley National Laboratory**. Washington D.C., 2006. Disponível em <https://escholarship.org/uc/item/498009ks>.
- DINO. **O mercado de automação residencial cresce exponencialmente no Brasil**. 2018. Disponível em <https://www.terra.com.br/noticias/o-mercado-de-automacao-residencial-cresce-exponencialmente-no-brasil,6380c0f3fa13ef003d09051513afc0b59tj7ge66.html>. Acessado em maio de 2024.
- EDWARDS, Brian; HYETT, Paul. **Guía básica de la sostenibilidad**. Editorial Gustavo Gili, 2004.
- EFICIENERGY - Eficiência Energética. **O Consumo de Energia nas Edificações no Brasil**. Eficiency, 2022. Disponível em <https://www.eficiency.com.br/3750/>. Acesso em 02 de outubro de 2023.
- ELKHAPERY, Basel; KIANMEHR, Peiman; DOCZY, Ryan. Benefits of retrofitting school buildings in accordance to LEED v4. *Building Engineering*, v. 33, p.101798, 2020.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **EPE 2023: Balanço energético nacional**. Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>.
- FCAV - FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial Técnico de Certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA**. 2007. Disponível em <https://vanzolini.org.br/organizacoes/certificacoes/aqua-hqe/>. Acesso em março de 2024.
- Fedrigo, N., Ghisi, E., Gonçalves, G., Lucas, P. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC. 2009
- GALATIO, A.; CIULLA, G.; RICCIU, R. An overview of energy retrofit actions feasibility on Italian historical buildings. **Energy**, Vol. 137, p. 991-1000, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2016.12.103.

- GBCB – Green Building Council Brasil. **Apoiar a saúde dos ocupantes significa priorizar a qualidade do ar interno.** São Paulo, 2020b. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/apoiar-a-saude-dos-ocupantes-significa-priorizar-a-qualidade-do-ar-interno/#:~:text=A%20Qualidade%20do%20Ambiente%20Interno,e%2C%20portanto>. Acesso em: 28 de outubro de 2023.
- GBCB – Green Building Council Brasil. **Como se tornar um LEED GA.** Máira Macedo São Paulo, 2018.
- GBCB - Green Building Council Brasil. **Empreendimentos LEED.** GBCB, 2023. Disponível em <https://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em 07 de outubro de 2023.
- GBCB - Green Building Council Brasil. **LEED Para Novas Construções.** GBCB, 2023. Disponível em <https://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em 14 de setembro de 2023.
- GBCB – Green Building Council Brasil. **LEED v4 para projeto e construção de edifícios.** 2014.
- GBCB - Green Building Council Brasil. **Sustentabilidade, o Único Caminho para a Prosperidade.** Felipe Faria, 28/09/2015. Disponível em <https://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em 14 de setembro de 2023.
- GBCI - Green Building Certification Institute. **TRUE program for zero waste certification.** GBCI, 2023. Disponível em <https://true.gbci.org/true-certification-zero-waste/>. Acesso em 17 de outubro de 2023.
- GERGES, N.Y. S. Ruído – **Fundamentos e Controle**, 2ª edição, Florianópolis, SC, 2000.
- GIVONI, B. **Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines.** Energy and Buildings, v.18, n.1, p. 11-23, 1992. Acesso em: março de 2024.
- GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings.** Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.
- GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente construído**, Porto Alegre, V. 6, n. 4, p. 51-81, 2006. Disponível em <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3720>. Acesso em março de 2024.

- GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano. Apostila da Disciplina Desempenho Térmico em edificações**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. v. 2, p. 12, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em www.labeeee.ufsc.br/graduação/ecv_5161. Acesso em março de 2024.
- GREER, F.; CHITTICK, J.; JACKSON, E.; MACK, J.; SHORTLIDGE, M.; GRUBERT, E. Energy and water efficiency in LEED: How well are LEED points linked to climate outcomes? **Energy and Buildings**, v. 195, p. 161-167, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.05.010.
- GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. **Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental**, 2024. Acessado em 12 de janeiro de 2024, disponível em <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/conferencia-de-estocolmo-um-marco-na-questao-ambiental.pdf>.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos do INMET, 2024. Disponível em <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em maio de 2024.
- IVERDE – Iniciativa verde. Organização não governamental. Disponível em <https://iniciativaverde.org.br/calculadora>. Acesso em maio de 2024.
- LAMBERTS, R. PhD in Civil Engineering University of Leeds, LEEDS, Inglaterra. **Heat Transfer Through Roofs of Low Cost Brazilian Houses, 1988**. Acesso em maio de 2024.
- LAMBERTS, R., XAVIER, A. (2008). "Conforto e Stress Térmico", Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.
- LEE, Y. S.; GUERIN, D. A. Indoor environmental quality related to occupant satisfaction and performance in LEED certified buildings. **Indoor and Built Environment**, v. 18, n. 4, p. 293- 300, 2009.
- LEITE, Vinicius Fares. **Certificação Ambiental na Construção Civil: sistemas Leed e Aqua**. Trabalho de Conclusão de Curso, Belo Horizonte, 2011.
- LI, Weilin; FANG, Guanyu; YANG, Liu. The effect of LEED certification on office rental values in China. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 45, p. 101182. 2021.
- MACNAUGHTON, P.; SATISH, U.; LAURENT, J. G. C.; FLANINGAN, S.; VALLARINO, J.; COULL, B.; SPENGLER, J. D.; ALLEN, J. G. The impact of

- working in a green certified building on cognitive function and health. **Building and Environment**, v.114, p.178-186, 2017.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. 2023. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html/>. Acesso em 15 de outubro de 2023.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. 2023. Disponível em [https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html#:~:text=Na%2021%C2%AA%20Confer%C3%Aancia%20das%20P artes,os%20impactos%20decorrentes%20dessas%20mudan%C3%A7as](https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html#:~:text=Na%2021%C2%AA%20Confer%C3%Aancia%20das%20P artes,os%20impactos%20decorrentes%20dessas%20mudan%C3%A7as.). Acesso em 23 de outubro de 2023.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Brasil, 2015. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/acoes-e-programas/programas/procel-programa-nacional-de-conservacao-de-energia-eletrica>. Acesso em: Março de 2024.
- MOTTA, Silvio F. R.; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50953>. Acesso em março de 2024.
- MARTINEZ, Maria Fernanda Baquerizo, and Paulo Otto Beyer. **Avaliação Energética Visando Certificação De Prédio Verde**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- Norma ASHRAE Standard 55 (2004) "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy".
- ONU – Organização das Nações Unidas. **Agenda 21: Programa de ação para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 1992 Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/528199/mod_resource/content/0/Agenda%2021.pdf. Acesso em 10 de novembro de 2023.
- PACHECO, Fernando; FOSSATI, Michele. **Avaliação de Edifícios de Energia Zero Pela Nova Proposta de Etiquetagem Residencial**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18, 2020, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2020

- PARDINI, Andrea Fonseca, Vanessa Gomes da Silva, Ariovaldo Denis Granja, and Marcelo Vespoli Takaoka. **Contribuição Ao Entendimento Da Aplicação Da Certificação LEED E Do Conceito De Custos No Ciclo De Vida Em Empreendimentos Mais Sustentáveis No Brasil**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2009.
- PBE – PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. PBE Edifica, Brasil, 2013. Disponível em: <https://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: Março de 2024.
- PE – Parlamento Europeu. **Redução das emissões de carbono: objetivos e políticas da União Europeia**. 2023 Disponível em <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180305STO99003/reducao-das-emissoes-de-carbono-metas-e-politicas-da-ue>. Acesso em 24 de outubro de 2023.
- PICCOLI, R.; KERN, A.; GONZÁLEZ, M.; & HIROTA, E. A certificação ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Ambiente Construído**, v.10, n.3, p. 69-79, 2010. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ac/a/V4Cj3CLxVTX6j5PZRnzJNsJ/abstract/?lang=pt>. Acesso em março de 2024.
- PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Sustainable buildings and construction initiative (SBCI). Edificações e Mudança Climática, 2023. Disponível em <http://unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>.
- RISPOLI, M.; ORGAN, S. The drivers and challenges of improving the energy efficiency performance of listed pre-1919 housing. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 37, n. 3, p. 288-305, 2019, doi: 10.1108/IJBPA-09-2017-0037.
- SILVA, Vanessa Gomes. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 1, p. 47-66, 2007. Disponível em <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3728>. Acesso em março de 2024.
- SILVEIRA, B.; BORGERT, M; MORENO, S.; BENCZ, S.; LIMA, R.; SILVA, G.; DECHOUM, M. AlaterNativas: Guia ilustrado para reconhecimento e substituição de plantas ornamentais exóticas invasoras no litoral catarinense. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2023. Disponível em

- <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/254155>. Acesso em maio de 2024.
- SIS – Superintendência de Inovação e Sustentabilidade. Inventário de Gases do Efeito Estufa. Neoenergia. Junho de 2023. Disponível em [https://www.neoenergia.com/documents/d/guest/informe_gei_2022_?download=true#:~:text=Entre%202017%20e%202021%2C%20a,\(ONS\)%20para%20fins%20comerciais](https://www.neoenergia.com/documents/d/guest/informe_gei_2022_?download=true#:~:text=Entre%202017%20e%202021%2C%20a,(ONS)%20para%20fins%20comerciais). Acesso em maio de 2024.
- SUSARQ – Sustentarqui. **Evolução da sustentabilidade na construção civil e dos sistemas de certificação**. 2014. Disponível em <https://sustentarqui.com.br/evolucao-da-sustentabilidade-na-construcao-civil-e-dos-sistemas-de-certificacao/>. Acesso em 24 de novembro de 2023.
- TORCELLINI, P; DERU, M; GRIFFITH, B; LONG, N; PLESS, S; JUDKOFF, R; CRAWLEY, D B. 2004. "**Lessons Learned from Field Evaluation of Six High-Performance Buildings: Preprint**". United States. <https://www.osti.gov/servlets/purl/15008804>. Acesso em 08 de dezembro de 2023
- UEMOTO, K.L., SATO, N.M.N; JOHN, V.M. Estimating thermal performance of cool colored paints. **Energy and Buildings** 42, 17-22 (2010). Acesso em maio de 2024.
- UNEP - United Nations Environment Programme. **Emissões do Setor de Construção Civil Atingiram Recordes em 2019 - Relatório da ONU**. Roberta Zandonai, 2019. Disponível em <https://www.unep.org/>. Acesso em 14 de setembro de 2023.
- UNEP - United Nations Environment Programme. **Estocolmo+50**. 2022. Disponível em <https://www.unep.org/pt-br/events/unep-event/estocolmo50/>. Acesso em 15 de outubro de 2023.
- UNEP - United Nations Environmental Programme, **State and Trends of the Environment 1987-2001**, Section B, Chapter 5. Disponível em: unep.org/geo/geo4/report/05_Biodiversity.pdf. Acesso em dezembro de 2023.
- USGBC - United States Green Building Council. **LEED rating system**. USGBC, 2023. Disponível em <https://www.usgbc.org/leed/>. Acesso em 17 de outubro de 2023.
- USGBC - United States Green Building Council. **Mission and Vision**. USGBC, 2023. Disponível em <https://www.usgbc.org/>. Acesso em 14 de setembro de 2023.

USGBC - United States Green Building Council. **Scorecard**. USGBC, 2023.
Disponível em <https://www.usgbc.org/leed-tools/scorecard/>. Acesso em 17 de setembro de 2023.

APÊNDICE A – Pontuação Final por categoria do projeto em estudo para o LEED.

8	1	0	Localização e Transporte (LT)	(LT)	16
		0	Crédito Localização do LEED Neighborhood		16
1			Crédito Proteção de áreas sensíveis		1
		0	Crédito Local de alta prioridade		2
5			Crédito Densidade do entorno e usos diversos		5
		0	Crédito Acesso ao transito de qualidade		5
1			Crédito Instalações para bicicletas		1
	1		Crédito Redução de área de projeção de estacionamento		1
1			Crédito Veículos verdes		1

5	5	0	Terrenos Sustentáveis	(SS)	10
Y			Pré-requisito Prevenção da poluição na atividade da construção		Obrigatório
1			Crédito Avaliação do terreno		1
	2		Crédito Proteção ou restauração do habitat		2
	1		Crédito Espaço aberto		1
3			Crédito Gestão de águas pluviais		3
	2		Crédito Redução de ilhas de calor		2
1			Crédito Redução da poluição luminosa		1

1	8	0	Uso racional da água	(WE)	11
Y			Pré-requisito Redução do uso de água do exterior		Obrigatório
Y			Pré-requisito Redução do uso de água do interior		Obrigatório
Y			Pré-requisito Medição de água do edifício		Obrigatório
	2		Crédito Redução do uso de água do exterior		2
	6		Crédito Redução do uso de água do interior		6
		0	Crédito Uso de água de torre de resfriamento		2
1			Crédito Medição de água		1

7	17	0	Energia e Atmosfera		(EA)	33
Y			Pré-requisito	Comissionamento fundamental e verificação		Obrigatório
Y			Pré-requisito	Desempenho mínimo de energia		Obrigatório
Y			Pré-requisito	Medição de energia do edifício		Obrigatório
Y			Pré-requisito	Gerenciamento fundamental de gases refrigerantes		Obrigatório
6			Crédito	Comissionamento avançado		6
	11		Crédito	Otimizar desempenho energético		18
	1		Crédito	Medição de energia avançada		1
	2		Crédito	Resposta à demanda		2
	1		Crédito	Produção de energia renovável		3
1			Crédito	Gerenciamento avançado de gases refrigerantes		1
	2		Crédito	Energia verde e compensações de carbono		2

2	9	0	Materiais e Recursos		(MR)	13
Y			Pré-requisito	Depósito e coleta de materiais recicláveis		Obrigatório
Y			Pré-requisito	Plano de gerenciamento da construção e resíduos de demolição		Obrigatório
	3		Crédito	Redução do impacto do ciclo de vida do edifício		5
	2		Crédito	Declarações ambientais de produtos		2
	2		Crédito	Origem de matérias-primas		2
	2		Crédito	Ingredientes do material		2
2			Crédito	Gerenciamento da construção e resíduos de demolição		2

14	0	0	Qualidade do Ambiente Interno		(EQ)	16
Y			Pré-requisito	Desempenho mínimo da qualidade do ar interior		Obrigatório
Y			Pré-requisito	Controle ambiental da fumaça de tabaco		Obrigatório
2			Crédito	Estratégias avançadas de qualidade do ar interior		2
3			Crédito	Materiais de baixa emissão		3
	0		Crédito	Plano de gerenciamento da qualidade do ar interior na construção		1
2			Crédito	Avaliação da qualidade do ar interior		2
1			Crédito	Conforto térmico		1
2			Crédito	Iluminação interior		2
3			Crédito	Luz natural		3
1			Crédito	Vistas de qualidade		1
		0	Crédito	Desempenho acústico		1

0	0	0	Inovação		(IN)	6
		0	Crédito	Inovação		5
		0	Crédito	Profissional acreditado LEED		1

3	1	0	Prioridade Regional		(RP)	4
	1		Crédito	Produção de Energia Renovável		1
1			Crédito	Luz Natural		1
1			Crédito	Proteger ou Restaurar <i>Habitat</i>		1
1			Crédito	Gestão de Águas Pluviais		1

39	42	0	TOTAIS		Pontos Possíveis: 110	
-----------	-----------	----------	---------------	--	------------------------------	--

Certificado (pontos): 40 a 49, Prata: 50 a 59, Ouro: 60 a 79, Platina: 80 a 110.