

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DAS CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO ENGENHARIA CIVIL**

MICHELI DE JESUS

**POTENCIAL OBTENÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C: ESTUDO DE CASO
DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE CAXIAS DO SUL**

**CAXIAS DO SUL
2023**

MICHELI DE JESUS

**POTENCIAL OBTENÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C: ESTUDO DE CASO
DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE CAXIAS DO SUL**

Trabalho acadêmico da disciplina TCC II, como parte dos requisitos para aprovação na disciplina, Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias.

Orientadora: Prof.: Dra. Renata Cornelli

**CAXIAS DO SUL
2023**

MICHELI DE JESUS

**POTENCIAL OBTENÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C: ESTUDO DE CASO
DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE CAXIAS DO SUL**

Trabalho acadêmico da disciplina TCC II, como parte dos requisitos para aprovação na disciplina, Universidade de Caxias do Sul, Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias.

Orientadora: Prof.: Dra. Renata Cornelli

Aprovado em: 30 de novembro de 2023.

Banca Examinadora

Prof. Dra. Renata Cornelli - Orientadora
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Dr. Marcelo Benetti Correa da Silva
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Ms. Marta Baltar Alves
Universidade de Caxias do Sul - UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Aos meus pais José Adair e Cristiane por todo apoio, incentivo e por não terem medido esforços para prover meus estudos. Ao meu namorado Denver Ramon por compreender, suportar as ausências e me incentivar a nunca desistir. Aos demais familiares e amigos por sempre estar dando apoio e estímulo.

Agradeço a minha incrível orientadora Professora Dr. Renata Cornelli por ter aceitado o desafio de me orientar e por todos os ensinamentos repassados, sempre com paciência e compreensão.

Agradecer a minha banca Professor Dr. Marcelo Benetti e Professora Ms. Marta Baltar Alves por terem aceitado me avaliar e pelas contribuições com sugestões para enriquecimento do meu trabalho.

RESUMO

O setor da construção civil gera significativos impactos para o meio ambiente e para a sociedade, visando melhorias e maior conscientização. Para incentivar o setor a adotar práticas mais sustentáveis em suas construções e cuidar dos recursos naturais renováveis e não renováveis do planeta, foram desenvolvidas as certificações ambientais. Entre várias certificações, a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é a mais conhecida no Brasil para construções sustentáveis. A certificação LEED é dividida em dimensões que consideram todos os aspectos da edificação, como terreno, água, energia, qualidade do ar interno e materiais. Através da implementação de práticas mais sustentáveis e de um projeto inovador, pretende-se reduzir os impactos ambientais e incentivar futuras construções nessa direção. Este estudo de caso concentra-se no potencial certificação *LEED Building and Construction* (LEED BD+C) para um empreendimento residencial em Caxias do Sul, destacando a relevância de incorporar critérios sustentáveis desde a fase de projeto. A análise detalhada, mediante a aplicação do check-list do LEED BD+C, identifica os critérios atendidos e os requisitos a serem contemplados para viabilizar a certificação de nível silver. O estudo sublinha a necessidade de adaptação aos padrões norte-americanos, a importância da interação com a vizinhança, a busca por materiais certificados e a atenção aos padrões de desempenho energético. Ao estabelecer uma ponte entre as práticas sustentáveis propostas pela certificação LEED e as normativas nacionais, exemplificadas pela NBR 15575, este trabalho visa fornecer insights valiosos para profissionais do setor, demonstrando a viabilidade e os benefícios da adoção da certificação LEED BD+C em empreendimentos residenciais. A conquista da certificação LEED BD+C de nível silver para o empreendimento em Caxias do Sul representa não apenas um marco na promoção da sustentabilidade na construção civil, mas também um passo crucial em direção à conscientização sobre a preservação ambiental e à adoção de práticas mais responsáveis na indústria da construção.

Palavras-Chave: Construção Civil, Sustentabilidade, Certificação LEED, NBR 15575, Residencial.

ABSTRACT

The construction sector generates significant impacts on the environment and society, aiming for improvements and greater awareness. To encourage the sector to adopt more sustainable practices in its constructions and take care of the planet's renewable and non-renewable natural resources, environmental certifications were developed. Among several certifications, the Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification is the best known in Brazil for sustainable buildings. LEED certification is divided into dimensions that consider all aspects of the building, such as land, water, energy, indoor air quality and materials. Through the implementation of more sustainable practices and an innovative project, the aim is to reduce environmental impacts and encourage future construction in this direction. This case study focuses on the potential LEED Building and Construction (LEED BD+C) certification for a residential development in Caxias do Sul, highlighting the relevance of incorporating sustainable criteria from the design phase. The detailed analysis, through the application of the LEED BD+C checklist, identifies the criteria met and the requirements to be met to enable silver level certification. The study highlights the need to adapt to North American standards, the importance of interaction with the neighborhood, the search for certified materials and attention to energy performance standards. By establishing a bridge between the sustainable practices proposed by LEED certification and national regulations, exemplified by NBR 15575, this work aims to provide valuable insights for professionals in the sector, demonstrating the feasibility and benefits of adopting LEED BD+C certification in residential developments. . Achieving silver-level LEED BD+C certification for the project in Caxias do Sul represents not only a milestone in promoting sustainability in construction, but also a crucial step towards raising awareness about environmental preservation and the adoption of more efficient practices. responsible in the construction industry.

Keywords: Civil Construction, Sustainability, LEED Certification, NBR15575, Residential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Níveis da certificação LEED.....	23
Figura 2 - Conceitos da certificação LEED.....	24
Figura 3 - Tipologias da certificação LEED.....	25
Figura 4- Classificação, critérios e pontuação da certificação LEED.....	33
Figura 5- Metodologia de aplicada.....	48
Figura 6 - Fachada para Rua Profa. Viero - Salas Comerciais.....	49
Figura 7 - Fachada para a Rua Carlos Colussi - Residencial.....	50
Figura 8 - Planta Baixa dos apartamentos.....	50
Figura 9 - Fluxograma do processo da certificação.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estimativa de valores.....	33
Tabela 2 - Processo Integrado.....	69
Tabela 3 - Localização e transporte.....	70
Tabela 4 - Terrenos Sustentáveis.....	71
Tabela 5- Eficiência hídrica.....	71
Tabela 6 - Energia e Atmosfera.....	73
Tabela 7- Materiais e recursos.....	74
Tabela 8 - Qualidade do Ambiente Interno.....	75
Tabela 9 - Inovação.....	77
Tabela 10- Prioridade regional.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Benefícios da certificação LEED.....	36
Quadro 2- Vantagens e desvantagens certificação LEED.....	38
Quadro 3- Comparativo entre LEED e a NBR 15575:.....	44
Quadro 4- Quadro de áreas.....	51
Quadro 5- Especificações técnicas.....	51

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento
BD+C	<i>Building Design + Construction</i>
BRE	<i>Building Research Establishment</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CFC	Clorofluorcarbono
CGP	Licença Geral de Construção
CNDA	Conselho Nacional de Defesa Ambiental
CO2	Dióxido de Carbono
CSTB	<i>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment</i>
GBC	<i>Green Building Council</i>
GBC Casa e Condomínio	<i>Green Building Council Casa e Condomínio</i>
GBC Zero Energy	<i>Green Building Council Zero Energy</i>
GBCB	<i>Green Building Council Brasil</i>
GBCI	<i>Green Building Certification Institute</i>
ID+C	<i>Interior Design + Construction</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LEED BD +C	<i>Leadership in Energy and Environmental Design Building and Construction</i>
N	<i>Neighborhood</i>
NBR	Norma Brasileiras de Regulação
NC	<i>New Construction</i>

O+M	<i>Operation & Maintenance</i>
ODP	Potencial destruição da camada de ozônio
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
Procel PBE Edifica	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
SGE	Gestão do empreendimento
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
USGBC	<i>United States Green Building Council</i>
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 SUSTENTABILIDADE	17
3.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	19
3.3 TIPOS DE CERTIFICAÇÕES	22
3.3.1 Leadership in Energy and Environmental Design - LEED	23
3.3.2 Alta Qualidade Ambiental - AQUA	27
3.3.3 Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM	28
3.3.4 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL	29
3.3.5 Selo Casa Azul da Caixa	30
3.4 CERTIFICAÇÃO Leadership in Energy and Environmental Design Building Design and Construction (LEED BD+C)	31
3.4.1 Passo a passo para obter a certificação	31
3.4.3 Benefícios da certificação LEED	36
3.4.4 Vantagens e desvantagens da certificação LEED	38
3.5 NORMA DE DESEMPENHO 15575	40
3.5.1 Abordagem de desempenho - história e panorama nacional e características	42
3.5.2 Aplicabilidade da norma de desempenho	43
3.6 COMPARAÇÃO NBR 15575 E Certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)	44
4 METODOLOGIA	47
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	47
4.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	48
4.3 COMPARAÇÃO QUALITATIVA DA ANÁLISE DO PROJETO	52
4.3.1 Processo integrado	52
4.3.2 Localização e Transporte	53
4.3.2.1 Crédito: Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	53
4.3.2.2 Crédito: Proteção de áreas sensíveis	53
4.3.2.3 Crédito: Local de alta prioridade	53
4.3.2.4 Crédito: Densidade do entorno e Usos Diversos	53
4.3.2.5 Crédito: Acesso a transporte de qualidade	54
4.3.2.6 Crédito: Instalações para bicicletas	54
4.3.2.7 Crédito: Redução de área de projeção de estacionamento	54
4.3.2.8 Crédito: Veículos verdes	54
4.3.3 Terrenos Sustentáveis	54
4.3.3.1 Pré-requisito: Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	54
4.3.3.2 Crédito: Avaliação do terreno	55
4.3.3.3 Crédito: Desenvolvimento do terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	55

4.3.3.4 Crédito: Espaço aberto	55
4.3.3.5 Crédito: Gestão de águas pluviais	56
4.3.3.6 Crédito: Redução de Ilhas de Calor	56
4.3.3.7 Critério: Redução da Poluição luminosa	56
4.3.4 Eficiência Hídrica	56
4.3.4.1 Crédito: Redução do Uso de Água Exterior	57
4.3.4.2 Pré-requisito: Redução do Uso de Água do Interior	57
4.3.4.3 Pré-requisito: Medição de Água do Edifício	57
4.3.4.4 Crédito: Uso de Água de Torre de Resfriamento	57
4.3.4.5 Crédito: Medição de Água	57
4.3.5 Energia e Atmosfera	57
4.3.5.1 Pré-requisito: Comissionamento Fundamental e Verificação	58
4.3.5.2 Pré-requisito: Desempenho Mínimo de Energia	58
4.3.5.3 Pré-requisito: Medição de Energia do Edifício	58
4.3.5.4 Pré-requisito: Gerenciamento de Gases Refrigerantes	58
4.3.5.5 Crédito: Comissionamento Avançado	59
4.3.5.6 Crédito: Otimizar Desempenho Energético	59
4.3.5.7 Crédito: Medição de Energia Avançada	59
4.3.5.8 Crédito: Resposta à Demanda	59
4.3.5.9 Crédito: Produção de Energia Renovável	59
4.3.5.10 Crédito: Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	60
4.3.5.11 Crédito: Energia Verde e Compensação de Carbono	60
4.3.6 Materiais e Recursos	60
4.3.6.1 Pré-requisito: Armazenamento e Coleta de Recicláveis	60
4.3.6.2 Pré-requisito: Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	60
4.3.6.3 Crédito: Redução do Impacto de Ciclo de Vida do Edifício	61
4.3.6.4 Crédito: Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Declarações Ambientais de Produto	61
4.3.6.5 Crédito: Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Origem de Matérias-Primas	61
4.3.6.6 Crédito: Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Ingredientes do Material	62
4.3.6.7 Crédito: Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	62
4.3.7 Qualidade do Ambiente interno	62
4.3.7.1 Pré-requisito: Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	62
4.3.7.2 Pré-requisito: Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	62
4.3.7.3 Crédito: Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior	62
4.3.7.4 Crédito: Materiais de Baixa Emissão	63
4.3.7.5 Crédito: Plano de Gerenciamento da Qualidade do Ar Interior na Construção	63
4.3.7.6 Crédito: Avaliação da Qualidade do Ar Interior	63

4.3.7.7 Crédito: Conforto Térmico	63
4.3.7.8 Crédito: Iluminação Interna	63
4.3.7.9 Crédito: Luz Natural	63
4.3.7.10 Crédito: Vistas de Qualidade	63
4.3.7.11 Crédito: Desempenho Acústico	64
4.3.8 Inovação	64
4.3.8.1 Crédito: Inovação	64
4.3.8.2 Crédito: Profissional Acreditado LEED	64
4.3.9 Prioridade Regional	64
4.5 CERTIFICAÇÃO LEED	65
4.5.1 Estudo de viabilidade	65
4.5.2 Planejamento Sustentável e Projeto integrado	66
4.5.4 Documentação e Implementação	66
4.5.5 Avaliação e Feedback	66
4.5.6 Custos	66
4.5.7 Monitoramento e manutenção	67
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1 OBTENÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED	69
5.1.1 Processo Integrado	69
5.1.2 Localização e transporte	70
5.1.3 Terrenos Sustentáveis	70
5.1.4 Eficiência Hídrica	71
5.1.5 Energia e Atmosfera	72
5.1.6 Materiais e Recursos	74
5.1.7 Qualidade do Ambiente Interno	75
5.1.8 Inovação	76
5.1.9 Prioridade Regional	77
6 CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a construção civil é responsável por grande parte dos impactos ambientais e degradação ambiental, além de ter relevante importância na economia, na geração de empregos e nos impactos sociais. O setor é responsável por grande parte da poluição ambiental e escassez de recursos naturais (CBIC, 2022).

De acordo com o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas para Edifícios e Construções Sustentáveis (UNEP, 2018), os edifícios, ao longo de seu ciclo de vida, são responsáveis por cerca de 30% das emissões globais de gases de efeito estufa, 40% do consumo de energia global, 12% do consumo de água potável e geram 40% dos resíduos sólidos mundiais. Esses números ressaltam a necessidade de adoção de práticas e mudanças no setor da construção civil (OBATA *et al.*, 2019).

A preocupação com o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente tem ganhado maior conscientização no século XX e XXI, à medida que se tornam evidentes os altos níveis de destruição e esgotamento de recursos naturais renováveis e não renováveis do planeta (MESQUIT; MEDEIROS, 2018). A partir desse momento, compreendeu-se a necessidade de adotar medidas para controlar e minimizar esses impactos ambientais para as gerações futuras (MESQUIT; MEDEIROS, 2018).

De acordo com JONES *et al.* (2018), a sustentabilidade na construção civil pode ser entendida como um conjunto de práticas que visam minimizar os impactos ambientais da atividade construtiva, ao mesmo tempo em que promovem a eficiência operacional e a qualidade de vida dos usuários. A adoção de medidas sustentáveis na construção civil envolve a aplicação de princípios como a eficiência energética, o uso de materiais sustentáveis, a gestão de resíduos, a qualidade do ambiente interno e a integração com a comunidade (SMITH, 2016).

Um dos propósitos da sustentabilidade no setor da construção civil é oferecer uma melhor qualidade de vida para a população. No entanto, um dos grandes desafios é implementar o consumo consciente (YILMAZ; BAKIS, 2015). A conscientização contará com incentivos por meio de benefícios sociais e econômicos (YILMAZ; BAKIS, 2015). É essencial implementar a sustentabilidade não apenas nas construções, mas também conscientizar a população sobre a importância da mudança de hábitos e do cuidado com o meio ambiente (LEITE, 2011).

O setor da construção civil está se adequando aos conceitos de sustentabilidade em seus projetos, elaborando planos em seus empreendimentos que vão desde a fase de projeto até a finalização, visando a redução de impactos ambientais, sociais e econômicos (FROUFE, 2019). Além de adequar seus projetos, a construção civil precisa estar atenta aos materiais utilizados, à redução do uso de água e energia, e à diminuição da poluição (BLENGUINI, 2009).

Para incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil no Brasil, foi criado em 2007 o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). O CBCS tem como objetivo difundir a utilização de práticas sustentáveis para melhorar a qualidade de vida dos usuários, trabalhadores e o ambiente das edificações (CBCS, 2007).

No Brasil, em foram introduzidas as certificações ambientais em diferentes períodos a partir dos anos 2000, como *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *Alta*

Qualidade Ambiental (AQUA), *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), selo Procel PBE Edifica e Selo Casa Azul da Caixa, como forma de comprovar o desempenho ambiental das edificações (GBCB, 2020). A emissão dessas certificações é responsabilidade do *Green Building Council Brasil* (GBCB), o qual é gerenciado pelo *United States Green Building Council* (USGBC) e regulamenta e incentiva a criação de tecnologias, debates e iniciativas de projetos sustentáveis (GBCB, 2020).

A avaliação do desempenho na construção civil é fundamental para identificar oportunidades de melhoria e monitorar o progresso em relação aos objetivos estabelecidos (NEVES *et al.*, 2017). Segundo NEVES *et al.* (2017), os principais indicadores de desempenho na construção civil incluem a eficiência energética, a redução de resíduos, a qualidade do ambiente interno, a satisfação dos usuários e a redução de custos operacionais.

A adoção de práticas sustentáveis na construção civil pode trazer uma série de benefícios para o desempenho operacional e ambiental das edificações (SILVA *et al.*, 2020). De acordo com SILVA *et al.* (2020), a utilização de materiais sustentáveis e técnicas construtivas eficientes pode resultar em redução dos custos de construção, menor consumo de energia, melhoria da qualidade do ambiente interno e redução das emissões de gases de efeito estufa.

Segundo ROCHA *et al.* (2019), dentre as certificações, a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) tem sido amplamente adotada como referência para a implementação de práticas sustentáveis na construção civil. Essa certificação é aplicável a qualquer tipo de construção e aos profissionais que incorporam a sustentabilidade em seus projetos. Para obter a certificação, o empreendimento passa por uma análise baseada em critérios como localização e transporte, espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, recursos naturais, qualidade ambiental interna, inovação e processos, além de créditos de prioridade regional (GBCB, 2020). Após essa análise, o empreendimento recebe uma classificação, variando de 40 a 100 pontos, que indica se o certificado é LEED, Silver, Gold ou Platinum (GBCB, 2020).

Verifica-se que algumas práticas relacionadas à sustentabilidade já vêm sendo incorporadas no setor da construção civil, como a presença de áreas verdes, reuso da água da chuva, utilização de placas fotovoltaicas, preocupação com a iluminação natural e escolha de materiais de construção sustentáveis.

O propósito fundamental deste trabalho é conduzir um estudo de caso voltado à identificação dos critérios necessários para a obtenção da certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) em empreendimentos residenciais. O foco central será a análise da viabilidade da certificação *LEED Building and Construction* (LEED BD+C) para um empreendimento localizado no município de Caxias do Sul.

Este estudo buscará não apenas compreender os requisitos essenciais para alcançar a certificação LEED, mas também explorar estratégias projetuais específicas que possam maximizar a pontuação na avaliação, destacando-se por práticas sustentáveis e eficiência energética. A análise será conduzida em paralelo à norma brasileira NBR 15575 - Edificações habitacionais, permitindo uma comparação criteriosa entre ambas as certificações.

Ao final, espera-se fornecer insights valiosos para profissionais do setor imobiliário e da construção, oferecendo uma visão abrangente sobre as implicações práticas da adoção da

certificação LEED BD+C em empreendimentos residenciais, com especial atenção à sua relação com as normativas nacionais, representadas pela NBR 15575.

A perspectiva de alcançar a certificação LEED BD+C, nível silver, para o empreendimento residencial nesta região representa mais do que um mero reconhecimento. É um passo significativo em direção à adoção de práticas construtivas mais sustentáveis, evidenciando um comprometimento palpável com a preservação ambiental e contribuindo para a conscientização sobre a responsabilidade coletiva na promoção de um futuro mais equilibrado.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho está apresentado no objetivo geral, a seguir.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho abrange realizar um estudo de caso visando identificar os critérios necessários para a obtenção da certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e identificar possíveis estratégias projetuais para alcançar uma boa pontuação na certificação , com foco na viabilidade da potencial certificação *Leadership in Energy and Environmental Design Building and Construction* (LEED BD+C) para um empreendimento Residencial, localizado no município de Caxias do Sul. A comparação com a norma brasileira NBR 15575 permitirá avaliar a viabilidade da certificação LEED em relação aos padrões nacionais de edificações habitacionais. O resultado pretende oferecer insights práticos para profissionais do setor, destacando implicações e benefícios da adoção da certificação LEED em empreendimentos residenciais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer do trabalho serão explicados os parâmetros das certificações ambientais e de sustentabilidade com enfoque na certificação LEED.

3.1 SUSTENTABILIDADE

O conceito de desenvolvimento sustentável, que ficou amplamente popularizado após o Relatório Brundtland em 1987, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, é frequentemente citado como a base do pensamento sustentável. Segundo Brundtland (1998), o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades, sendo assim a definição enfatiza a necessidade de equilíbrio psicológico, social e ambiental para garantir um futuro sustentável.

De acordo com Oliveira (2018) o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável apresenta diversos princípios da sustentabilidade em construções que são levados em consideração, entre eles são:

- a) Análise do entorno e aproveitamento das condições locais;
- b) Qualidade ambiental interna e externa;
- c) Gestão sustentável de implantação da obra;
- d) Adaptação das necessidades e conforto atuais e futuras dos usuários;
- e) Uso de materiais que contribuam com a eficiência do processo;
- f) Redução do consumo de energia e água;
- g) Reduzir, reutilizar, reciclar e destinar os resíduos corretamente;
- h) Introduzir inovações tecnológicas;
- i) Conscientização dos envolvidos nos processos;

Ao perceber que a construção sustentável não é um modelo para solucionar problemas no tempo, mas uma nova forma de pensar sobre o próprio edifício e tudo ao seu entorno. Envolve uma abordagem integrada para a atividade em si, uma abordagem sistemática para encontrar novo paradigma: intervir no meio ambiente, proteger o meio ambiente e restaurá-lo em escala evolutiva e tornar o ambiente envolvente harmonioso (ARAÚJO, 2016).

Para que o setor de construção civil implante efetivamente ações e práticas mais sustentáveis, é crucial encontrar tecnologias e soluções alternativas existentes no mercado ou desenvolver conforme demanda tais tecnologias, principalmente nos aspectos que ocasionam maiores impactos negativos ao meio ambiente e aumentam os custos de uma edificação, seja no planejamento, construção, uso ou até o final de sua vida útil (MORAES, 2019). Essas tecnologias ou soluções alternativas devem ser pesquisadas, analisadas e aplicadas, caso a caso, verificando sua real efetividade para as necessidades e viabilidade econômica e socioambiental (MORAES, 2019)

Uma das abordagens amplamente utilizadas para medir e avaliar a sustentabilidade é o conceito de *Triple Bottom Line* (TBL), desenvolvido por John Elkington em 1994. Segundo Elkington (1994) o TBL propõe que uma organização seja avaliada não apenas pelo seu desempenho financeiro, mas também pelos impactos ambientais e sociais que ela gera, o TBL

considera três dimensões essenciais: o lucro econômico, a proteção ambiental e a responsabilidade social.

No aspecto econômico, o TBL reconhece a importância de uma gestão financeira sólida e lucrativa para a sustentabilidade das organizações. Porém, destaca que o objetivo financeiro não deve ser alcançado a qualquer custo, mas sim por meio de práticas éticas e responsáveis, considerando os impactos sociais e ambientais das operações (ELKINTON, 2020; ADAMS *et al* 2020).

No que diz respeito à dimensão ambiental, o TBL busca incentivar a adoção de práticas sustentáveis que minimizem a degradação do meio ambiente. Isso inclui a redução da emissão de poluentes, o uso eficiente dos recursos naturais, a gestão adequada dos resíduos e a preservação da biodiversidade (ELKINTON, 2020; SCHALTEGGER *et al.* 2022)

Já no âmbito social, o TBL enfatiza a importância de as organizações promoverem a equidade, a justiça social e o bem-estar das comunidades em que estão inseridas. Isso pode envolver ações como respeito aos direitos humanos, promoção da diversidade e inclusão, investimento em programas de educação e saúde, entre outros (ELKINTON, 2020; HAHN *et al.* 2021).

A adoção do TBL traz benefícios tanto para as organizações quanto para a sociedade como um todo. Empresas que adotam uma abordagem sustentável são vistas como mais responsáveis e éticas, o que fortalece sua reputação e pode gerar vantagens competitivas. Além disso, contribuem para a preservação do meio ambiente e para a melhoria das condições sociais, atuando como agentes de transformação positiva (ELKINTON, 2020).

A preocupação com os impactos ambientais é um tema recorrente na atualidade, indo além da ciência e do governo que historicamente colocaram a sustentabilidade em pauta, alcançando o público em geral da sociedade, onde o cidadão também é visto como protagonista e sujeito de deveres discutindo e refletindo sobre formas de conservar os recursos naturais (SEVERINO, 2021). A melhoria contínua da sustentabilidade é notável, pois depende dos tempos e circunstâncias em que vivemos e de como a sociedade utiliza a natureza para suas necessidades. Assim, em termos da história, pode-se inferir que, desde os primórdios, a preocupação com a natureza foi um elemento essencial para se pensar o desenvolvimento sustentável (SEVERINO, 2021). Porém, os problemas enfrentados hoje com a escassez de recursos e a manutenção para preservá-los são decorrentes da forma como ocorre a exploração, garantindo a sustentabilidade da construção civil, com ações antes, durante e após a construção (SEVERINO, 2021).

É fundamental destacar a necessidade de cuidar do meio ambiente e entregar mais qualidade aos clientes. Uma construção consciente e sustentável, além de evitar todos os danos que uma obra normal traria ao meio ambiente, pode reduzir o custo final da obra e até mesmo seu tempo de conclusão (BUSSCONSTRUÇÃO, 2023).

A sustentabilidade é importante para a preservação do meio ambiente, proteger os ecossistemas e a biodiversidade, assegurando um futuro melhor (CUBOUP, 2023). Algumas ações podem contribuir para isso, é a preservação do meio ambiente, a sustentabilidade desempenha um papel crucial na proteção dos ecossistemas e da biodiversidade, garantindo sua conservação para as gerações futuras (CUBOUP, 2023). Conforme apontado por Díaz *et al.* (2019), a perda da biodiversidade compromete a resiliência dos ecossistemas e a

capacidade de fornecer serviços essenciais, como a regulação do clima, a purificação da água e a polinização.

Na promoção da justiça social a sustentabilidade desempenha um papel importante na busca pela igualdade de oportunidades e na distribuição justa dos recursos naturais (CUBOUP, 2023). Segundo Raworth (2017), a sustentabilidade deve incluir uma abordagem equitativa que promova o bem-estar social e reduza as desigualdades, garantindo que todas as pessoas tenham acesso adequado a recursos e serviços essenciais.

Na eficiência na utilização dos recursos a sustentabilidade incentiva o uso eficiente dos recursos naturais, evitando o desperdício e a exploração excessiva (CUBOUP, 2023). De acordo com Geissdoerfer *et al.* (2017), a transição para uma economia circular é fundamental para maximizar a eficiência dos recursos, reduzir a extração de matéria-prima e minimizar os impactos ambientais, ao mesmo tempo em que promove a inovação e a criação de valor.

Na inovação tecnológica a sustentabilidade impulsiona a criação de soluções inovadoras e eficientes para os desafios ambientais. Conforme Schaltegger *et al.* (2018), a inovação sustentável combina a adoção de tecnologias limpas e a transformação de modelos de negócios, impulsionando a transição para um futuro mais sustentável.

Na competitividade econômica a sustentabilidade desempenha um papel essencial na garantia da competitividade das empresas no mercado global (CUBOUP, 2023). Segundo Porter e Kramer (2019), a sustentabilidade empresarial não é apenas uma questão de responsabilidade social, mas também uma fonte de vantagem competitiva, pois as empresas que adotam práticas sustentáveis podem melhorar sua reputação, atração de talentos e acesso a mercados.

Quanto à diversidade cultural, a sustentabilidade reconhece a importância da diversidade cultural e valoriza as tradições e conhecimentos locais (CUBOUP, 2023). Conforme Afonso *et al.* (2019), a inclusão da diversidade cultural nas estratégias de sustentabilidade fortalece a identidade das comunidades locais, promove a participação ativa e amplia a gama de soluções contextualizadas e culturalmente relevantes.

Em resumo, a sustentabilidade é importante porque promove a proteção do meio ambiente, a justiça social, a eficiência na utilização dos recursos, a inovação tecnológica, a competitividade econômica e o respeito à diversidade cultural (AMSTERDAN, 2022).

3.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

As construções sustentáveis incorporam práticas e tecnologias que reduzem o consumo de recursos naturais, minimizam os impactos ambientais e proporcionam um ambiente mais saudável para os ocupantes. Essas construções são projetadas considerando aspectos como eficiência energética, uso responsável da água, gestão adequada de resíduos, escolha de materiais sustentáveis e qualidade ambiental interna (CTE, 2022).

Segundo Garg e Kaushik (2021), as construções sustentáveis são planejadas para serem energeticamente eficientes, utilizando fontes de energia renovável, otimizando o consumo de energia e promovendo a eficiência energética.

No que tange à eficiência energética, as construções sustentáveis empregam diversas estratégias para reduzir o consumo de energia, como a instalação de isolamento térmico, o uso de vidros com alto desempenho energético, a adoção de sistemas de iluminação

LED de baixo consumo e a integração de fontes de energia renovável, como painéis solares fotovoltaicos (GARG e KAUSHIK, 2021). Segundo Li *et al.* (2019), a eficiência energética é um aspecto fundamental das construções sustentáveis, pois contribui para a redução das emissões de carbono e para a economia de recursos naturais.

De acordo com Singh *et al.* (2020), as construções sustentáveis têm como objetivo utilizar materiais sustentáveis, como madeira de origem certificada, concreto de baixo carbono e tintas de baixa emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC). A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um exemplo de referencial amplamente utilizado para identificar as construções sustentáveis e promover a utilização de materiais ecologicamente corretos.

A redução do consumo de água é outro objetivo crucial das construções sustentáveis. Isso é alcançado por meio de práticas como a captação e reutilização de água da chuva, o uso de dispositivos economizadores, como torneiras com sensor de presença, e a implementação de sistemas de captação e reuso de água pluvial (LEE e KIM, 2019). O paisagismo eficiente em termos de água e a utilização de tecnologias de tratamento de águas residuais também são práticas comuns para minimizar o impacto das edificações no abastecimento de água (LEE e KIM, 2019).

Em relação ao conforto dos ocupantes, segundo Derkowski *et al.* (2020) e Kibert (2020), as construções sustentáveis têm como foco principal proporcionar ambientes saudáveis e produtivos. Isso envolve considerações como iluminação natural, ventilação adequada, controle térmico e acústico, além do uso de materiais que não emitem substâncias tóxicas (DERKOWSKI *et al.*, 2020; KIBERT, 2020).

De acordo com Singh *et al.* (2020), as construções sustentáveis têm como objetivo utilizar materiais sustentáveis, como madeira de origem certificada, concreto de baixo carbono e tintas de baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC).

Além disso, governos locais têm estabelecido regras que afetam o setor da construção. Um número crescente de cidades está implementando legislações que exigem a incorporação de práticas sustentáveis, como sistemas de aquecimento solar e programas de gerenciamento de resíduos, como requisitos para a concessão de Alvarás de Construção. Já existem normas técnicas que orientam como as empresas podem construir um sistema de gestão integrado: ABNT NBR ISO 9000 para qualidade, ABNT NBR ISO 14000 para meio ambiente, OSHAS 18000 e SA 8000 para saúde e segurança do trabalhador, ABNT NBR ISO 45000 para sistema de gestão de segurança na saúde e segurança ocupacional, e ABNT NBR 16000, ABNT NBR ISO 26000 social normas de gestão de responsabilidade (TELLO e RIBEIRO, 2012).

A Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575), conforme Tello e Ribeiro (2012), é um destaque adicional, estabelecendo padrões mínimos para sistemas estruturais, de piso, vedação, cobertura e hidráulica em edificações residenciais novas. Ela orienta o projeto e a implementação de novas atividades empresariais, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico de sistemas prediais mais sustentáveis. Além das certificações ambientais existentes com abordagens diferentes, cada uma delas oferece oportunidades de aprendizado. Professores, pesquisadores e empresas trabalham em conjunto para impulsionar a indústria da construção na adoção de métodos mais sustentáveis, visando a melhoria da qualidade de vida dos ocupantes, dos trabalhadores e do meio ambiente ao redor das edificações (TELLO e RIBEIRO, 2012).

Segundo Alfonsin (2001), as cidades brasileiras enfrentam o desafio de unificar a governança urbana e a gestão ambiental, integrando políticas de planejamento urbano, habitação e meio ambiente. Nesse sentido, o Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001) foi criado para regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo normas de ordem pública e interesse social que orientam o uso do imóvel urbano em prol de interesses coletivos, segurança e bem-estar dos cidadãos, bem como o equilíbrio ambiental (BRASIL, 2001).

No âmbito nacional, o Senado aprovou o projeto de Lei Federal nº 252/2014 em 2018, que propõe a inclusão e promoção de práticas sustentáveis na política urbana, alterando o artigo 2º do Estatuto das Cidades (Lei Federal 10.257/2001). Esse projeto está em análise pela Câmara dos Deputados e, se aprovado, representará um avanço significativo na promoção de edifícios mais sustentáveis e contribuirá para a melhoria da qualidade do ambiente urbano, influenciando a redação do art. 2º da Lei Federal 10.257/2001 – Regulamento Municipal (BRASIL, 2018).

Artigo 2º - A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I -

II -

...

XIX – adoção de práticas de construção sustentável;

XX – Divulgação nos meios de comunicação, de práticas de construção sustentável;

XXI – promoção de campanhas educativas periódicas para incentivar a população a adotar práticas de construção sustentável;

XXII – concessão de incentivos fiscais para a construção sustentável, conforme a realidade local;

§ 1º - Para efeito desta lei, práticas de construção sustentável são aquelas, adotadas antes, durante ou após os trabalhos de construção, que utilizem matérias e técnicas de modo a se obter maior eficiência energética, menor consumo de água e menor impacto ambiental, bem como a proporcionar maior conforto térmico e melhor qualidade de vida aos moradores e usuários da edificação.

§ 2º - Nas novas edificações de propriedade da União, serão adotadas as práticas de construção sustentável referidas no § 1º deste artigo, desde que técnica e economicamente viáveis (BRASIL, 2018).

O uso responsável dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais representam desafios significativos no setor da construção, conforme o Artigo 1º da Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental é:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV - a qualidade dos recursos ambientais.”

De acordo com Araújo, Carneiro e Palha (2020) e Chen *et al.* (2020), a vertente ambiental é a mais estudada nesse contexto são os impactos ambientais, e alertam para a necessidade de controle no uso intensivo de materiais naturais nas construções sustentáveis para evitar a degradação de ecossistemas e o esgotamento de recursos.

Embora as construções sustentáveis busquem minimizar as emissões de gases de efeito estufa, é importante notar que durante a construção e operação ainda podem ocorrer emissões significativas, portanto, é necessário um esforço contínuo para aprimorar as práticas construtivas e operacionais, visando à neutralidade de carbono (LIU *et al.*, 2019). A fabricação de materiais de construção, o transporte de materiais e o consumo de energia na operação de edifícios podem contribuir para as emissões de gases de efeito estufa. Assim, as construções sustentáveis desempenham um papel fundamental na redução dessas emissões (LIU *et al.*, 2019).

Durante a construção, reforma ou demolição de edificações sustentáveis, a geração de resíduos representa uma preocupação importante. Embora haja ênfase na redução, reutilização e reciclagem de resíduos, a gestão adequada ainda é um desafio a ser enfrentado (MORAIS *et al.*, 2018). Para garantir a eficiência energética e hídrica de edifícios sustentáveis, é essencial a adoção de tecnologias inteligentes de monitoramento e controle (ZHANG *et al.*, 2022).

Dessa forma, as construções sustentáveis não são apenas uma tendência, mas uma necessidade premente em face dos desafios ambientais e sociais que enfrentamos. À medida que a sociedade e a indústria da construção evoluem, a busca por práticas mais sustentáveis se torna essencial para a preservação do meio ambiente e o bem-estar das gerações futuras (ZHANG *et al.*, 2022). Conseqüentemente, a construção sustentável não é mais uma opção, mas um caminho que todos devem seguir para construir um futuro mais verde e resiliente (ZHANG *et al.*, 2022).

3.3 TIPOS DE CERTIFICAÇÕES

A busca por práticas construtivas mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis tem se intensificado nas últimas décadas, neste contexto, as certificações desempenham um papel fundamental na avaliação e garantia da qualidade, na mitigação dos impactos ambientais na construção civil e promoção da sustentabilidade em edifícios e empreendimentos (BRAUNGART e MCDONOUGH, 2002). Além disso, segundo Hawken (2017), essas certificações fornecem um padrão reconhecido internacionalmente para edifícios sustentáveis, incentivando a adoção de melhores práticas e a inovação.

3.3.1 *Leadership in Energy and Environmental Design* - LEED

A busca por edificações sustentáveis nunca foi tão essencial como atualmente, nesse cenário, a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) se destaca

como um dos sistemas mais respeitados para avaliar e promover a sustentabilidade na construção de edifícios (GBCB, 2021). Segundo Hart, Yorio e Attmann (2018), o LEED foi desenvolvido pelo *Green Building Council* (GBC) como uma ferramenta fundamental para incentivar a construção e operação de edifícios mais eficientes e ambientalmente responsáveis. Essa certificação é atribuída com base na pontuação obtida em diversos critérios, abrangendo áreas como processo integrado, localização e transporte, eficiência hídrica, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno, inovação e prioridade regional (HART, YORIO E ATTMANN. 2018).

No contexto brasileiro, o LEED também destaca o crescente papel. De acordo com Gama, Caldas *and* Lamberts (2021), o Brasil ocupa a 4 posição no ranking de certificações LEED, com mais de 50 edifícios certificados, esses edifícios demonstram o comprometimento das empresas e organizações brasileiras com a sustentabilidade e o desenvolvimento de práticas construtivas mais conscientes (GBCB,2018).

Segundo Correia, Lamberts *and* Oseliero (2020), os benefícios da certificação LEED se estendem tanto para as empresas quanto para o meio ambiente, os edifícios certificados pelo LEED podem obter valorização no mercado imobiliário, além de reduzir impactos ambientais, proporcionar melhor qualidade de vida para os ocupantes, minimizar custos de manutenção e infraestrutura, e contribuir para a redução do consumo de água e energia.

Conforme Albinsson *et al.* (2020) também ressalta a importância da certificação LEED na redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) e no uso eficiente de recursos naturais, ainda destacam que os edifícios certificados pelo LEED podem apresentar redução significativa no consumo de energia e água, além de promover a utilização de materiais de construção sustentáveis e a melhoria da qualidade ambiental interna.

O sistema de certificação LEED é fundamentado em uma série de conceitos e critérios específicos (GBCB,2018). De acordo com Chen *et al.* (2019) e GBCB (2021), estes critérios abrangem áreas como eficiência energética, qualidade do ar interno, uso racional da água, gerenciamento de resíduos, seleção de materiais sustentáveis e inovação. A pontuação obtida em cada critério determina o nível de certificação do edifício, que pode variar entre *Certificado* (40 a 49 pontos), *Silver* (50 a 59), *Gold* (60 a 79 pontos), e *Platinum* (80 a 110 pontos), como apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Níveis da certificação LEED



Fonte: GBCB, 2021

Dessa forma, a certificação LEED desempenha um papel vital na promoção da construção sustentável e na redução dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil (ALBISSON *et al.* 2020). Por meio de diretrizes e critérios rigorosos, o LEED incentiva a adoção de práticas sustentáveis desde a concepção dos projetos até a

operação dos edifícios (GBCB, 2021). Para avaliar os níveis de sustentabilidade, a GBCB (2021) leva em consideração 8 conceitos diferentes para a certificação (Figura 2):

- 1- Localização e Transporte: Acesso a transporte de qualidade, estacionamentos com redução de pegada ambiental, uso de veículos verdes, proteção a terras sensíveis e instalações para bicicletas (GBCB,2021).
- 2- Espaço Sustentável: Prevenção de poluição durante a construção, reutilização de água da chuva, redução das ilhas de calor, redução da poluição luminosa e proteção ambiental (GBCB,2021).
- 3 - Eficiência do uso da água: Redução do uso de água em ambientes externos e internos, medição do nível de água utilizado na construção e uso de água de torres de resfriamento (GBCB,2021).
- 4- Energia e Atmosfera: Comissionamento e verificação fundamental, desempenho mínimo de energia, medição de energia ao nível do edifício, medição avançada de energia, produção de energia renovável, otimização de desempenho energético, uso de energias verdes e métodos de compensação de carbono (GBCB,2021).
- 5- Materiais e Recursos: Recolhimento e armazenamento de materiais recicláveis, planejamento do gerenciamento de resíduos na construção e/ou demolição, redução do impacto do ciclo de vida dos interiores, declaração ambiental de produtos, declaração de origem de matérias-primas (GBCB,2021).
- 6- Qualidade Ambiental Interna: Desempenho acústico, conforto térmico, aproveitamento de luz natural, iluminação interior, gerenciamento da qualidade do ar e materiais com baixa emissão de carbono. (GBCB,2021)
- 7- Inovação e Processos: Uso de tecnologias voltadas para o Green Building (construção sustentável) e projeto monitorado por profissional credenciado pelo LEED (GBCB,2021).
- 8- Créditos de Prioridade Regional: Não especificado pelo LEED, variáveis para cada país ou região (GBCB,2021).

Figura 2 - Conceitos da certificação LEED



Fonte: GBCB, 2021;

Dentre os itens especificados em cada categoria, existem os pré-requisitos (ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação) e os créditos (ações sugeridas pelo LEED e que acumulam pontos). Assim, mesmo atingindo o número mínimo de

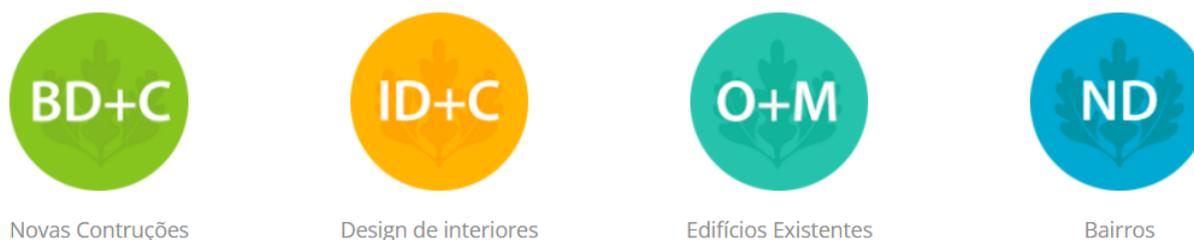
pontos para se enquadrar em um dos níveis da certificação, a empresa ou projeto não obterá o certificado se deixar de cumprir um dos pré-requisitos GBCB (2021).

O sistema de certificação LEED consiste em um conjunto de normas para avaliar edifícios ambientalmente sustentáveis (FUERST, GRABIELI *and* MCALLISTER, 2017), funcionando como um programa voluntário para classificar e medir o desempenho sustentável de uma edificação. Diante disso, os projetos que buscam a certificação LEED são fortemente influenciados pelas decisões tomadas durante a fase de concepção dos empreendimentos. Para a *U.S. Green Building Council* (USGBC, 2017a), a lista de objetivos a serem alcançados segue as dimensões e pesos de cada tipologia do sistema de certificação LEED.

Segundo a GBCB (2021) a certificação LEED possui quatro tipologias conforme Figura 3, que buscam enquadrar os diferentes tipos de projetos que buscam a certificação. São elas:

- I. *Building Design + Construction (BD+C)*: Voltada para projetos e construções de edifícios, abrangendo as novas construções, grandes reformas, escolas, unidades de saúde, galpões e centros de distribuição, lojas de varejo, envoltória e núcleo central (projetos de elétrica, hidráulica e proteção contra incêndio).
- II. *Interior Design + Construction (ID+C)*: Concentra-se no design e na construção de interiores, os projetos podem ser de uso residencial ou comercial, este último é subdividido nas categorias Hospedagem, Lojas de Varejo e Interiores Comerciais.
- III. *Operation & Maintenance (O+M)*: Direcionado para a operação e manutenção de edifícios já existentes, englobando projetos de reforma/renovação para escolas, lojas de varejo, galpões e centros de distribuição, hospedagem e data centers.
- IV. *Neighborhood (N)*: Focada no desenvolvimento de bairros sustentáveis, permitindo projetos de diferentes escalas em várias fases de desenvolvimento ou construção.

Figura 3 - Tipologias da certificação LEED



Fonte: GBCB, 2021;

O LEED utiliza um sistema de pontuação (AMARAL, 2013) que reconhece boas práticas em eficiência energética e sustentabilidade ambiental em projetos de design, construção e manutenção. O sistema inclui critérios regionais para a adaptação da certificação a diferentes climas e locais, tornando-o flexível e aplicável globalmente (AMARAL, 2013).

A simplicidade do LEED na aplicação de sua metodologia, por meio de um checklist de verificação, tornou-o um dos selos ambientais mais reconhecidos em todo o mundo (PARDINI, 2009). A versão 4 do LEED, de acordo com o USGBC, inclui as seguintes subcategorias e tipologias disponíveis para a certificação:

1. Categoria *Building design and construction* (BD+C): destinado às seguintes tipologias:

- a) *New Construction and Major Renovation* (NC): Destinado a empreendimentos em geral que serão construídos ou que passarão por intervenções em seus sistemas de ar condicionado, envoltória e realocação.
- b) *Core & Shell* (CS) - Núcleo e envoltória: Focada na certificação de edifícios com espaços interiores comerciais onde é posteriormente vendido. A certificação abrange o ambiente relativo aos espaços públicos, climatização e estrutura principal, sem considerar detalhes como móveis.
- c) *Schools* (Escolas): Concentra-se na criação de espaços escolares saudáveis e confortáveis que promovem melhor desempenho de alunos e professores, incentivando a redução dos custos de operação e manutenção das edificações e estimula o estabelecimento de práticas de educação ambiental no próprio ambiente escolar.
- d) *Retail* NC e CI: Direcionado a lojas de varejo, reconhecendo as especificidades desta tipologia comparando com outras tipologias comerciais. Propõe a redução da pegada ecológica da edificação, sendo subdividida em dois tipos de certificação:
 - LEED for Retail NC*: Para novas construções ou grandes reformas em lojas de varejo.
 - LEED for CI* (Interiores Comerciais): Aplicável quando a loja está localizada em um edifício, como um shopping center por exemplo.
- e) *Hospitality* (locais de hospedagem): Destinado a certificação de hotéis e empreendimentos semelhantes.
- f) *Data Centers*: Aplicado à certificação de construções destinadas a este uso, traz diversos critérios específicos quanto à climatização e eficiência energética
- g) *Warehouses and Distribution Centers* (Galpões e Centros de Distribuição): Aplica os preceitos LEED desta tipologia, que anteriormente não era abordada de forma específica no LEED v3.
- h) *Healthcare* (Unidades de Saúde): Direcionado exclusivamente à tipologia hospitalar, considera as especificidades que uma edificação deste tipo possui, sendo totalmente distinta de um empreendimento comercial comum.

2. Categoria *Existing buildings – Operation and Maintenance* (EB+OM): Possui foco na eficiência operacional e na manutenção do edifício já construído sem os preceitos da certificação, visando maximizar a eficiência operacional e reduzir custos de manutenção e impactos ao meio ambiente.

3. Categoria *Interior Design and Construction* (ID+C): Destinada a certificação de projetos que envolvem somente a parte interna das edificações, abordando ambientes comerciais, hospedagem, e projetos corporativos.

4. Categoria *Neighborhood development* (ND): Destinado para o desenvolvimento de bairros, engloba ruas, casas, escritórios, shoppings, mercados e áreas públicas. Integra princípios de crescimento planejado, através do urbanismo sustentável, edificações verdes e mistura de usos dos espaços urbanos. Também preconiza a utilização do transporte público e a concepção de espaços públicos de alta qualidade.

5. Categoria *Homes*: destinada a residências unifamiliares ou multifamiliares, compreendendo:

- a) *Homes* (Residências): Aplica os preceitos da certificação para residências unifamiliares ou multifamiliares de até 3 pavimentos
- b) *Midrise* (Edifícios multifamiliares): Para edifícios multifamiliares de 4 a 8 pavimentos. Observando que projetos de 8 andares devem ser classificados como tipo NC (construção nova) (USGBC,2021).

Através das diversas subcategorias e tipologias oferecidas, esse sistema oferece diretrizes claras para a concepção, construção, operação e manutenção de edifícios sustentáveis, é inegável que a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) se estabeleceu como um importante instrumento para promover a sustentabilidade na construção civil, influenciando positivamente as práticas construtivas em todo o mundo (CORREIA, LAMBERTS E OSELIERO, 2020). Portanto, este sistema representa um avanço significativo rumo a edificações mais eficientes, ambientalmente responsáveis e socialmente conscientes (CHEN *et al.*, 2019).

3.3.2 Alta Qualidade Ambiental - AQUA

O AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é um sistema de certificação brasileiro desenvolvido pela Fundação Vanzolini em parceria com o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) da França. Com propósito de fomentar a construção e operação de edifícios sustentáveis, considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais. O AQUA é baseado em um conjunto de critérios e requisitos que abrangem todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, desde o projeto até a operação e manutenção, a certificação avalia o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) em 14 categorias, abrangendo temas como energia, saúde, conforto e meio ambiente (BRAGA et al. 2019).

Os critérios do AQUA são divididos em quatro categorias principais: ecoconstrução, economia de recursos naturais, qualidade de vida e gestão. Essas categorias incluem aspectos como eficiência energética, uso racional da água, conforto térmico e acústico, qualidade do ar interno, gestão de resíduos, integração urbana, entre outros, é composto por mais de 100 critérios que devem ser atendidos para obter a certificação (MARUJO, BRAGANÇA E MATEUS, 2018).

De acordo com Santos, Tavares e Gomes (2020), o AQUA proporciona a redução do impacto ambiental dos edifícios, melhoria na qualidade de vida dos ocupantes, economia de recursos naturais, redução de custos operacionais e maior valorização dos imóveis

certificados, tendo como uma das principais vantagens do AQUA a sua abrangência e foco nos aspectos ambientais, sociais e econômicos da construção sustentável.

No entanto, é importante destacar algumas desvantagens do AQUA que são os desafios enfrentados pelo sistema referente a complexidade dos critérios e a necessidade de consultorias especializadas para a obtenção da certificação. Além disso, o custo inicial para atender a todos os requisitos do AQUA podem ser mais elevados em comparação com outras certificações (MARTINS et al. 2019).

Segundo Ferreira e Neves (2018), a certificação AQUA é fundamentada em abordagens como a ecoeficiência, que busca maximizar o uso dos recursos naturais e minimizar os impactos ambientais; o ciclo de vida dos materiais, que considera a origem, produção, uso e destinação dos materiais utilizados na construção; e a qualidade ambiental interna, que visa proporcionar um ambiente saudável e confortável para os ocupantes dos edifícios.

3.3.3 *Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM*

O *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) é um método de avaliação e certificação ambientalmente sustentável para edificações, desenvolvido pelo *Building Research Establishment* (BRE) no Reino Unido. O sistema BREEAM foi criado com o objetivo de promover a melhoria contínua do desempenho ambiental dos edifícios, levando em consideração aspectos como eficiência energética, uso de recursos naturais, impacto no meio ambiente e bem-estar dos ocupantes (HART, YORIO, ATTMAN, 2018).

O BREEAM utiliza uma abordagem holística para avaliar a sustentabilidade de um edifício, considerando diversas categorias de desempenho, tais como energia, água, materiais, saúde e bem-estar, resíduos, transporte, poluição, entre outros. Cada categoria é avaliada por meio de critérios pré-estabelecidos, que atribuem pontos ao desempenho do edifício. Com base nos pontos obtidos, o edifício recebe uma classificação, que varia de "Pass" (mínimo de pontos para aprovação) a "Outstanding" (pontuação máxima) (HART, YORIO, ATTMAN, 2018).

Segundo Reinhart et al. (2018), o BREEAM tem se consolidado como uma das certificações mais utilizadas internacionalmente, com presença em diversos países ao redor do mundo. Ele oferece uma estrutura clara e abrangente para a avaliação de desempenho ambiental, fornecendo diretrizes para projetistas e desenvolvedores melhorarem o desempenho de seus edifícios.

Uma das principais vantagens do BREEAM é a sua abordagem flexível, que permite adaptar os critérios de avaliação a diferentes tipos de edifícios e contextos. Isso possibilita que o sistema seja aplicado em projetos residenciais, comerciais, industriais e institucionais, entre outros. Além disso, o BREEAM valoriza a participação de todas as partes interessadas no processo de construção, incentivando a colaboração entre arquitetos, engenheiros, construtores, ocupantes e gerentes de edifícios (REINHART et al. 2018).

Segundo Steinemann et al. (2019) diversos estudos têm demonstrado os benefícios de se obter a certificação, edifícios certificados pelo BREEAM apresentam redução significativa no consumo de energia, uso de água e emissões de carbono, em comparação com edifícios não certificados. Além disso, esses edifícios proporcionam um ambiente interno mais saudável e confortável para os ocupantes, promovendo a produtividade e o bem-estar.

No entanto, o BREEAM também enfrenta desafios e críticas. Um estudo de Verbeeck et al. (2021) destaca a necessidade de aprimorar a avaliação do ciclo de vida dos materiais de construção no BREEAM, a fim de incorporar de forma mais abrangente os aspectos de sustentabilidade em todas as etapas do processo construtivo. Além disso, algumas críticas apontam que o BREEAM pode se concentrar excessivamente nos aspectos técnicos e deixar de lado questões sociais e culturais relacionadas à sustentabilidade.

Em conclusão, o BREEAM é um método de avaliação e certificação amplamente reconhecido e utilizado para promover a sustentabilidade em edifícios. Ele oferece uma estrutura abrangente para melhorar o desempenho ambiental dos edifícios, considerando diversos aspectos, e tem demonstrado benefícios significativos em termos de eficiência energética, redução de impacto ambiental e qualidade de vida dos ocupantes. No entanto, é importante que o sistema continue a evoluir e abordar desafios, a fim de se tornar cada vez mais alinhado com os princípios de sustentabilidade e atender às demandas sociais e ambientais em constante mudança (HART, YORIO, ATTMAN, 2018).

3.3.4 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL

O PROCEL é um programa governamental brasileiro que tem como objetivo promover a eficiência energética e a conservação de energia elétrica no país. Desenvolvido pela Eletrobras, o PROCEL busca incentivar ações e projetos que reduzam o consumo de energia elétrica, contribuindo para a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico.

De acordo com Marques *et al.* (2022), o PROCEL foi criado em 1985 e desde então tem desempenhado um papel fundamental na promoção da eficiência energética no Brasil. O programa trabalha em parceria com diversos setores, como indústria, comércio, serviços e residencial, por meio da implementação de projetos de eficiência energética, campanhas de conscientização e desenvolvimento de normas técnicas.

Um exemplo recente de atuação do PROCEL é a campanha "Seja +, Consuma -", lançada em 2021. Segundo a Eletrobras (2021), a campanha tem como objetivo incentivar o uso consciente de energia elétrica, fornecendo dicas e orientações para reduzir o consumo e os custos de energia. A iniciativa utiliza diferentes canais de comunicação, como redes sociais, televisão e rádio, alcançando um amplo público e promovendo a mudança de comportamento em relação ao uso da energia elétrica.

Além disso, o PROCEL desenvolve programas de etiquetagem de eficiência energética, como o Selo Procel, que certifica equipamentos e eletrodomésticos com alto desempenho energético, a etiquetagem de eficiência energética promovida pelo PROCEL tem contribuído para a disseminação de produtos mais eficientes no mercado, auxiliando os consumidores na escolha de equipamentos que consomem menos energia e reduzem os impactos ambientais (OLIVEIRA *et al.* 2020).

O PROCEL também realiza investimentos em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias voltadas para a eficiência energética. Um exemplo é o projeto de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) "PROCEL Edifica", que busca aprimorar a eficiência energética em edifícios por meio de soluções inovadoras, o projeto tem como objetivo desenvolver e disseminar tecnologias, metodologias e boas práticas para a construção de edifícios energeticamente eficientes, contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica no setor da construção civil (PINHEIRO *et al.* 2021).

O PROCEL é um programa governamental brasileiro que tem desempenhado um papel importante na promoção da eficiência energética e conservação de energia elétrica. Por meio de iniciativas como campanhas de conscientização, programas de etiquetagem de eficiência energética e investimentos em pesquisa e desenvolvimento, o PROCEL busca engajar diversos setores da sociedade na redução do consumo de energia elétrica, visando a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico do país (ELETROBRAS, 2021).

3.3.5 Selo Casa Azul da Caixa

O Selo Casa Azul Caixa é uma certificação ambiental voltada para empreendimentos imobiliários sustentáveis no Brasil. Desenvolvido pela Caixa Econômica Federal, o selo tem como objetivo incentivar a construção e aquisição de imóveis que atendam a critérios de sustentabilidade ambiental, buscando promover a redução do impacto ambiental e o uso eficiente dos recursos naturais (SOUZA *et al.* 2020).

De acordo com Lima *et al.* (2021), o Selo Casa Azul Caixa foi lançado em 2008 e tem se destacado como uma importante referência para a construção sustentável no país. O programa abrange diversos aspectos da sustentabilidade, como eficiência energética, uso racional da água, gestão de resíduos, conforto ambiental e responsabilidade social.

O Selo Casa Azul Caixa também tem impacto no mercado imobiliário, imóveis certificados com o selo têm maior valor agregado e são mais valorizados pelos consumidores, além de apresentarem menor custo de operação ao longo do tempo. Isso indica que a busca por empreendimentos sustentáveis tem se tornado uma tendência no mercado imobiliário, impulsionando a adoção do selo por incorporadoras e construtoras (SOUZA *et al.* 2020).

Além disso, o Selo Casa Azul Caixa contribui para o cumprimento de políticas nacionais de sustentabilidade, a certificação está alinhada com a Política Nacional de Resíduos Sólidos e com as diretrizes do Programa Minha Casa Minha Vida, promovendo ações que estimulam a redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção civil (ROCHA *et al.* (2019).

Em resumo, o Selo Casa Azul Caixa é uma certificação ambiental que tem como objetivo incentivar a construção de empreendimentos imobiliários sustentáveis no Brasil. Por meio de critérios que abrangem eficiência energética, uso racional da água, gestão de resíduos, conforto ambiental e responsabilidade social, o selo promove a redução do impacto ambiental e o uso eficiente dos recursos naturais. A certificação traz benefícios tanto para os empreendimentos, agregando valor e reduzindo custos, quanto para o mercado imobiliário como um todo, impulsionando a demanda por construções sustentáveis (SOUZA *et al.* 2020).

3.4 CERTIFICAÇÃO *Leadership in Energy and Environmental Design Building Design and Construction* (LEED BD+C)

A busca por práticas sustentáveis na construção tem sido uma prioridade crescente nas últimas décadas, refletindo a necessidade urgente de reduzir os impactos ambientais e promover edifícios mais eficientes e saudáveis (TORRES, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2018). Conforme Ferreira *et al.* (2020) destacam que a Certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade na construção, estabelecendo padrões rigorosos para a eficiência energética, a conservação de recursos naturais e a qualidade do ambiente interno.

3.4.1 Passo a passo para obter a certificação

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) abrange uma ampla gama de áreas, incluindo Planejamento Integrado, Sistemas Naturais, Transporte e Uso do Solo, Água, Energia e Gases de Efeito Estufa (GEEs), Materiais e Recursos, e Qualidade de Vida, visando alcançar resultados acionáveis e melhor desempenho para as comunidades (USGBC, 2021).

Segundo Viegas (2020), a avaliação da certificação LEED é baseada em dados e documentação fornecida sobre pré-requisitos e créditos, com foco em avaliação, planejamento, políticas, estratégias, resultados e desempenho. Isso significa que a certificação não se limita apenas à fase de projeto, mas também avalia o desempenho e os resultados alcançados ao longo do tempo.

Para obter a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design Building Design and Construction* (LEED BD+C) para um empreendimento residencial na cidade de Caxias do Sul, é necessário seguir um processo específico, apresentado passo a passo com base nas diretrizes do *U.S. Green Building Council* (USGBC).

- I. Pesquisa e planejamento: Realizar uma pesquisa sobre os requisitos e diretrizes do sistema de certificação LEED BD+C, especialmente na categoria residencial e obter informações atualizadas sobre os pré-requisitos e créditos específicos para residências (USGBC, 2021).

A certificação LEED BD+C para empreendimentos residenciais é baseada em um conjunto de requisitos e créditos que devem ser atendidos para alcançar os níveis de certificação (SILVA *et al.*, 2022). Os pré-requisitos e créditos do LEED BD+C abordam aspectos como eficiência energética, qualidade do ar interno, uso responsável da água, seleção de materiais sustentáveis e práticas de construção e projeto sustentáveis (ROCHA *et al.*, 2019).

- II. Avaliação preliminar: Realizar uma avaliação preliminar do projeto residencial em relação aos créditos e pré-requisitos do LEED BD+C e identificar os créditos que

podem ser facilmente alcançados e aqueles que exigem esforço adicional (USGBC,2021).

A avaliação preliminar ajuda a identificar as oportunidades e desafios específicos do projeto em relação à certificação LEED BD+C (VIEGAS, 2020). É importante estabelecer metas claras e realistas para orientar o processo de certificação (ROCHA *et al.*, 2019).

- III. Planejamento e projeto: Integrar as estratégias sustentáveis desde o estágio inicial do projeto, considerando aspectos como eficiência energética, uso de materiais sustentáveis, qualidade do ar interno e gerenciamento de resíduos de construção (USGBC,2021).

O planejamento e projeto sustentáveis são fundamentais para alcançar os requisitos do LEED BD+C (SILVA *et al.*, 2022). Considere a orientação solar, a eficiência do envelope do edifício, a redução do consumo de água e a maximização do uso de materiais de baixo impacto ambiental (FERREIRA *et al.*, 2020).

- IV. Documentação e implementação: Coletar dados, fazer cálculos, realizar análises e preparar a documentação necessária para comprovar o cumprimento dos pré-requisitos e créditos selecionados.

A documentação detalhada é essencial para demonstrar o atendimento aos requisitos do LEED BD+C (VIEGAS, 2020). É importante acompanhar de perto a implementação das estratégias sustentáveis durante a construção do empreendimento (ROCHA *et al.*, 2019).

- V. Submissão e revisão: Enviar a documentação para revisão pelo *Green Building Certification Institute* (GBCI), responsável pela avaliação dos projetos LEED e realizar o pagamento das taxas.

O processo de revisão envolve uma análise minuciosa da documentação apresentada (FERREIRA *et al.*, 2020). Estar preparado para fornecer informações adicionais ou fazer ajustes, caso necessário (SILVA *et al.*, 2022).

- VI. Certificação e reconhecimento: Após a revisão bem-sucedida, o empreendimento residencial pode ser certificado com um dos níveis de certificação LEED BD+C (Certified, Silver, Gold ou Platinum), dependendo da pontuação obtida.

A certificação LEED BD+C é um reconhecimento do compromisso com a sustentabilidade é um diferencial no mercado imobiliário (VIEGAS, 2020). A certificação LEED traz benefícios como redução de custos operacionais, melhor qualidade de vida dos ocupantes e menor impacto ambiental (ROCHA *et al.*, 2019).

É importante destacar que as taxas de registro e certificação LEED podem variar de R\$10.000,00 até R\$200.000,00 e são calculadas de acordo com a área do empreendimento e a tipologia do projeto e nível de certificação conforme Tabela 1 (USGBC, 2021). Apesar dos custos envolvidos, o Brasil ocupa uma posição de destaque no ranking mundial de certificações LEED, estando em quarto lugar na lista (USGBC, 2021).

Ao final da obra os custos associados à obtenção da certificação podem apresentar um acréscimo de 0,5% a 20% no valor final do empreendimento (UGUR; LEBLEBICI; 2018).

Tabela 1- Estimativa de valores

Nível de Certificação	Pontuação Mínima	Taxa de Registro (Estimativa)	Taxa de Certificação (Estimativa)
LEED Certified™	40-49	R\$ 10.000 a R\$ 20.000	R\$ 30.000 a R\$ 50.000
LEED Silver®	50-59	R\$ 20.000 a R\$ 30.000	R\$ 50.000 a R\$ 80.000
LEED Gold®	60-79	R\$ 30.000 a R\$ 50.000	R\$ 80.000 a R\$ 120.000
LEED Platinum®	80+	R\$ 50.000 a R\$ 80.000	R\$ 120.000 a R\$ 200.000

Fonte: adaptado do USGBC, 2021.

A obtenção da certificação LEED envolve o envio de diversos documentos e informações para o *Green Building Certification Institute* (GBCI). Na Figura 4 está um checklist detalhado dos critérios exigidos e pontuação possível de adquirir para o processo de certificação *Building Design and Construction* (LEED BD+C) em um empreendimento residencial:

Figura 4- Classificação, critérios e pontuação da certificação LEED

S P N			LEED v4 para BD+C: Nova Construção e Grandes Reformas (LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation)		Data:
Lista de verificação do projeto			Nome do projeto: Empreendimento residencial		
Crédito			Processo Integrado	1	
0	0	0	Localização e Transporte	16	
Crédito			Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	16	
Crédito			Proteção de Áreas Sensíveis	1	
Crédito			Local de Alta Prioridade	2	
Crédito			Densidade do Entorno e Usos Diversos	5	
Crédito			Acesso a Transporte de Qualidade	5	
Crédito			Instalações para Bicicletas	1	
Crédito			Redução da Área de Projeção do Estacionamento	1	
Crédito			Veículos Verdes	1	
0	0	0	Terrenos Sustentáveis	10	
S			Pré-req	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Obrigatório
Crédito			Avaliação do Terreno	1	
Crédito			Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	2	
Crédito			Espaço Aberto	1	
Crédito			Gestão de Águas Pluviais	3	
Crédito			Redução de Ilhas de Calor	2	
Crédito			Redução da Poluição Luminosa	1	

0	0	0	Eficiência Hídrica	11
S		Pré-req	Redução do Uso de Água do Exterior	Obrigatório
S		Pré-req	Redução do Uso de Água do Interior	Obrigatório
S		Pré-req	Medição de Água do Edifício	Obrigatório
		Crédito	Redução do Uso de Água do Exterior	2
		Crédito	Redução do Uso de Água do Interior	6
		Crédito	Uso de Água de Torre de Resfriamento	2
		Crédito	Medição de Água	1
0	0	0	Energia e Atmosfera	33
S		Pré-req	Comissionamento Fundamental e Verificação	Obrigatório
S		Pré-req	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório
S		Pré-req	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório
S		Pré-req	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório
		Crédito	Comissionamento Avançado	6
		Crédito	Otimizar Desempenho Energético	18
		Crédito	Medição de Energia Avançada	1
		Crédito	Resposta à Demanda	2
		Crédito	Produção de Energia Renovável	3
		Crédito	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1
		Crédito	Energia Verde e Compensação de Carbono	2
0	0	0	Materiais e Recursos	13
S		Pré-req	Armazenamento e Coleta de Recicláveis	Obrigatório
S		Pré-req	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório
		Crédito	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5
		Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de Produto	2
		Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Origem de Matérias-primas	2
		Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material	2
		Crédito	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2
0	0	0	Qualidade do Ambiente Interno	16
S		Pré-req	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Obrigatório
S		Pré-req	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Obrigatório
		Crédito	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior	2
		Crédito	Materiais de Baixa Emissão	3
		Crédito	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção	1
		Crédito	Avaliação da Qualidade do Ar Interior	2
		Crédito	Conforto Térmico	1
		Crédito	Iluminação Interna	2
		Crédito	Luz Natural	3
		Crédito	Vistas de Qualidade	1
		Crédito	Desempenho Acústico	1
0	0	0	Inovação	6
		Crédito	Inovação	5
		Crédito	Profissional Acreditado LEED	1
0	0	0	Prioridade Regional	4
		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico	1
0	0	0	TOTAIS	Pontos Possíveis: 110
Certificado: 40 a 49 pontos, Silver: 50 a 59 pontos, Gold: 60 a 79 pontos, Platinum: 80 a 110				

Fonte: USGBC, 2021;

Para conquistar a certificação LEED, um projeto candidato deve atender a todos os pré-requisitos e atingir um número mínimo de pontos, de acordo com os ratings de projeto estabelecidos. Após cumprir os pré-requisitos fundamentais do programa, a alocação de

pontos entre os créditos se baseia na conformidade do projeto dentro do sistema de classificação (GBCI, 2011).

Segundo GBCI (2011), a alocação de pontos entre créditos é fundamentada na avaliação dos potenciais impactos ambientais e benefícios humanos de cada crédito, levando em consideração um conjunto de categorias de impacto, como eficiência energética, qualidade do ar interno, uso de materiais sustentáveis e outros. Além disso, conforme observado por *U.S. Green Building Council (USGBC, 2022)* em seu guia *LEED v4.1 for Building Design and Construction*, esses impactos podem ser quantificados através de várias abordagens, incluindo modelagem de energia, avaliação do ciclo de vida e análise de transporte:

- I. Localização e Transporte Sustentável:
 - Localização em área urbanizada e com acesso a serviços básicos;
 - Proximidade a transporte público e facilidades para pedestres;
 - Estacionamento para bicicletas e veículos de baixa emissão;
 - Planejamento do uso do solo para promover o desenvolvimento sustentável.
- II. Eficiência no Uso da Água:
 - Instalação de dispositivos economizadores de água, como torneiras e chuveiros com baixo fluxo;
 - Utilização de paisagismo com baixa demanda de água;
 - Implementação de sistemas de captação e reuso de água pluvial.
- III. Energia e Atmosfera:
 - Utilização de fontes de energia renováveis, como energia solar ou eólica;
 - Eficiência energética nos sistemas de iluminação, HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e equipamentos;
 - Medição e monitoramento do consumo de energia.
- IV. Materiais e Recursos:
 - Utilização de materiais sustentáveis, como produtos com baixo teor de compostos orgânicos voláteis (VOCs);
 - Práticas de gerenciamento de resíduos de construção, como reciclagem e reutilização de materiais.
- V. Qualidade do Ambiente Interno:
 - Ventilação adequada para garantir a qualidade do ar interno;
 - Controle de umidade e temperatura;
 - Utilização de materiais com baixa emissão de poluentes.
- VI. Inovação:
 - Implementação de estratégias adicionais que não estão previstas nos critérios LEED, mas que promovem a sustentabilidade do empreendimento.
- VII. Créditos Regionais:
 - Cumprimento de requisitos específicos da região onde o empreendimento está localizado, considerando aspectos climáticos, socioeconômicos e culturais (USGBC, 2022).

3.4.3 Benefícios da certificação LEED

A certificação LEED oferece benefícios significativos para proprietários e ocupantes, abrangendo eficiência energética, economia de custos e melhorias na saúde e bem-estar. Os edifícios certificados LEED também trazem benefícios ambientais, valorização da propriedade e acesso a incentivos como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1- Benefícios da certificação LEED

Benefícios da Certificação LEED	Descrição	Autores
Redução do impacto ambiental	A certificação LEED promove práticas de construção e operação sustentáveis, resultando na redução do consumo de energia, água e recursos naturais, além da diminuição das emissões de gases de efeito estufa e do desperdício de materiais. Isso contribui para a preservação do meio ambiente e a mitigação das mudanças climáticas.	UGREEN, 2023; Smith et al., 2019; Amaral, 2013;
Eficiência energética aprimorada	Os edifícios certificados pelo LEED são projetados e construídos para maximizar a eficiência energética, incorporando tecnologias e sistemas inovadores. Isso resulta em menor consumo de energia e custos operacionais reduzidos ao longo do tempo, além de benefícios para a qualidade do ar interno e conforto térmico dos ocupantes.	USGBC, 2021; Kibert 2020; Santos and Pereira, 2020
Qualidade do ar interno melhorada	A certificação LEED estabelece padrões rigorosos para a qualidade do ar interno, promovendo a ventilação adequada, o controle de contaminantes e o uso de materiais de baixa emissão. Isso contribui para um ambiente saudável e confortável para os ocupantes, reduzindo os riscos à saúde associados à má qualidade do ar.	Mendonça et al, 2020; Kibert, 2020; Ferreira et al, 2020
Uso eficiente de água	Os edifícios com certificação LEED implementam estratégias para reduzir o consumo de água, como a utilização de dispositivos economizadores, sistemas de reutilização de água e paisagismo sustentável. Isso contribui para a conservação dos recursos hídricos, especialmente em regiões com escassez de água, e reduz os custos associados ao abastecimento e tratamento de água.	Garg, 2021; Kibert, 2020; Chen et al 2019

Bem-estar e conforto ocupantes	Os edifícios certificados pelo LEED são projetados para fornecer ambientes saudáveis e confortáveis para os ocupantes. Isso inclui aspectos como a iluminação natural, o controle de temperatura e umidade, o conforto acústico e a disponibilidade de espaços com boa ergonomia. Esses elementos contribuem para o bem-estar, produtividade e satisfação dos usuários.	Carvalho e Lima, 2019; Silva e Oliveira, 2018; UGREEN, 2021;
Economia financeira e valorização dos imóveis	A certificação LEED está associada a benefícios econômicos, como redução dos custos operacionais, economia de energia e água, e menor manutenção. Além disso, edifícios certificados pelo LEED tendem a ter maior valor de mercado, atrair inquilinos e investidores conscientes e oferecer retornos financeiros a longo prazo.	Amaral, 2013; Correia, D. C. S., Lamberts, R., & Oseliero, F. D. 2020;
Inovação e liderança no mercado	A certificação LEED é reconhecida internacionalmente como um símbolo de excelência em construção sustentável. Os edifícios certificados pelo LEED destacam-se no mercado como exemplos de inovação e liderança, estabelecendo padrões elevados para o setor e inspirando outras construções a adotarem práticas mais sustentáveis.	Amaral, 2013; Correia, D. C. S., Lamberts, R., & Oseliero, F. D. 2020;
Responsabilidade social e imagem corporativa	A certificação LEED demonstra o compromisso de uma organização com a sustentabilidade e responsabilidade social. Isso fortalece a imagem corporativa, constrói uma reputação positiva e pode atrair clientes, parceiros e funcionários que valorizam práticas sustentáveis. Além disso, contribui para o desenvolvimento de comunidades mais resilientes e melhoria da qualidade de vida.	Kotler, P., & Lee, N. 2012; Elkington, J. 1999; Porter, M. E., & Kramer, M. R. 2011
Conformidade com regulamentações e incentivos governamentais	Em muitas regiões, os edifícios certificados pelo LEED são elegíveis para incentivos fiscais, subsídios e outros benefícios governamentais. Além disso, a certificação LEED ajuda as organizações a cumprirem regulamentações ambientais e alcançar metas de sustentabilidade estabelecidas por governos locais e nacionais.	UGREEN, 2023; Viegas 2020; Rocha et al, 2019;

Resiliência e adaptabilidade a longo prazo em face de mudanças climáticas e riscos ambientais	Os edifícios certificados pelo LEED são projetados para serem resilientes e adaptáveis, levando em consideração os desafios futuros, como mudanças climáticas, eventos extremos e escassez de recursos. Isso aumenta a capacidade de resposta e a sustentabilidade a longo prazo, garantindo a funcionalidade do edifício mesmo diante de cenários desafiadores.	Ferreira et al, 2020; Kibert,2020 ;
---	--	-------------------------------------

Fonte: Autora, 2023;

A certificação LEED está se tornando cada vez mais reconhecida e sua adoção contribui para a construção de um futuro sustentável. Comprometer-se com a certificação LEED é uma maneira de impactar positivamente o meio ambiente, melhorar a qualidade de vida dos ocupantes e promover práticas de construção ecológica em todo o mundo (UGREEN, 2023).

3.4.4 Vantagens e desvantagens da certificação LEED

É fundamental compreender as vantagens e desvantagens associadas à certificação LEED, a fim de tomar decisões informadas durante o processo de construção ou renovação de edifícios. O Quadro 2 apresenta uma análise das principais vantagens e desvantagens dessa certificação, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais (USGBC, 2021).

Quadro 2- Vantagens e desvantagens certificação LEED

Vantagens da Certificação LEED	Desvantagens da Certificação LEED
Eficiência energética: Os edifícios certificados LEED são projetados para maximizar a eficiência energética, reduzindo o consumo de energia e os custos operacionais.	Custo inicial mais elevado: A obtenção da certificação LEED pode exigir investimentos iniciais mais altos devido às tecnologias e materiais sustentáveis utilizados.
Economia de custos a longo prazo: Os edifícios certificados LEED geralmente consomem menos energia, água e recursos, resultando em economias significativas ao longo do tempo.	Processo de certificação complexo: O processo de certificação LEED pode ser complexo e exige tempo e recursos para atender a todos os requisitos necessários.
Melhoria da saúde e bem-estar dos ocupantes: Os edifícios certificados LEED promovem ambientes mais saudáveis e confortáveis, com melhor qualidade do ar interno e iluminação natural.	Restrições de design e construção: Alguns projetos podem encontrar limitações de design e construção ao seguir os critérios da certificação LEED, o que pode limitar a flexibilidade criativa.

Valorização da propriedade: A certificação LEED está associada a uma maior valorização da propriedade, com potencial para atrair inquilinos e compradores conscientes da sustentabilidade.	Possíveis desafios de manutenção: Alguns sistemas e tecnologias sustentáveis podem exigir uma manutenção mais rigorosa e especializada.
Reconhecimento e visibilidade: A certificação LEED é amplamente reconhecida e pode proporcionar maior visibilidade e reputação positiva para os proprietários e ocupantes dos edifícios.	Variação na performance real: Embora os edifícios certificados LEED sejam projetados para serem sustentáveis, o desempenho real pode variar dependendo da gestão e operação do edifício ao longo do tempo.

Fonte: Adaptado da USGBC, 2021.

Ao examinar as vantagens, é possível identificar os benefícios que a certificação LEED pode proporcionar, como a eficiência energética, economia de custos operacionais, melhoria da qualidade do ar interno e bem-estar dos ocupantes (USGBC, 2021).

A busca por práticas sustentáveis na construção tem se tornado cada vez mais relevante, e a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* se destaca como um referencial nesse contexto (LIU *et al*, 2019).

A eficiência energética é um aspecto crucial para um empreendimento sustentável. Nesse sentido, é fundamental avaliar a possibilidade de utilizar sistemas de energia renovável, como painéis solares fotovoltaicos, para gerar parte da energia consumida no empreendimento (USGBC, 2021). Segundo Kibert (2020), a incorporação de sistemas de iluminação eficiente, como lâmpadas LED, sensores de presença e controle de iluminação, também é uma medida eficaz para reduzir o consumo de energia elétrica.

Além disso, medidas de isolamento térmico podem ser implementadas para reduzir a perda de calor e o uso de sistemas de aquecimento e resfriamento, outra estratégia importante é promover o uso de janelas eficientes em termos energéticos, maximizando a entrada de luz natural e reduzindo a necessidade de iluminação artificial durante o dia (LIU *et al*, 2019). Essas práticas contribuirão para a eficiência energética do empreendimento.

A gestão de água também desempenha um papel fundamental na busca pela sustentabilidade. Uma abordagem eficaz é explorar o potencial de reuso de água da chuva, implementando sistemas de captação e armazenamento para uso em irrigação de jardins e limpeza de áreas comuns (GARG, 2021). Segundo Garg (2021) é importante incentivar o uso de equipamentos e acessórios com baixo consumo de água, como torneiras e chuveiros eficientes, vasos sanitários de baixo volume de descarga, entre outros.

A escolha de materiais sustentáveis é outro aspecto a ser considerado. Priorizar o uso de materiais de construção sustentáveis, como madeira certificada, concreto com menor teor de dióxido de carbono (CO₂), tintas e revestimentos de baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), conforme sugerido por Yudelson (2007) contribuirá para a redução do impacto ambiental do empreendimento. Avaliar a possibilidade de utilizar materiais reciclados ou recicláveis na construção também é uma prática sustentável a ser considerada.

A qualidade ambiental interna é essencial para o conforto e bem-estar dos ocupantes. Projetar e planejar a ventilação e a iluminação natural adequadas em todas as unidades é uma medida importante, implementar um sistema eficiente de gestão de resíduos, incluindo a instalação de lixeiras de coleta seletiva em áreas comuns, promoverá uma abordagem sustentável no manuseio dos resíduos, conforme recomendado por diversos especialistas (KIBERT, 2020).

Cada projeto possui suas particularidades, e é fundamental adaptar as melhorias mencionadas às características específicas do empreendimento. É importante consultar os critérios e requisitos completos da certificação LEED, bem como contar com a orientação de profissionais especializados em projetos sustentáveis para obter uma análise mais precisa e adequada (LIU *et al.* 2019).

A implementação dessas diretrizes e medidas sustentáveis no empreendimento requer um plano detalhado de implementação. Com base na análise inicial e no diagnóstico do empreendimento, é possível definir as estratégias de certificação que serão adotadas. Isso inclui identificar ações necessárias para atender aos pré-requisitos e créditos específicos da certificação LEED. É fundamental estabelecer as etapas, responsabilidades e prazos para cada estratégia de certificação, abordando aspectos como eficiência energética, uso responsável da água, seleção de materiais sustentáveis, qualidade ambiental interna e inovação no projeto (FERREIRA *et al.*, 2020).

Após a implementação das estratégias definidas, é essencial realizar o monitoramento contínuo dos sistemas e práticas adotadas. Coletar dados relevantes, como consumo de energia, consumo de água, qualidade do ar interno e outras métricas, permitirá avaliar o desempenho do empreendimento em relação aos critérios da certificação LEED. A análise desses dados será fundamental para elaborar um relatório final que apresente os resultados obtidos, destacando os pontos alcançados e os desafios enfrentados durante o processo de certificação (FERREIRA *et al.*, 2020).

Com base nos resultados do estudo de caso, é possível propor recomendações e diretrizes para aprimorar futuros empreendimentos residenciais em relação à certificação LEED. Essas recomendações podem incluir práticas e tecnologias específicas, bem como aspectos relacionados à gestão e manutenção do empreendimento. É importante realizar uma discussão abrangente sobre os resultados obtidos, abordando os benefícios da certificação LEED para empreendimentos residenciais e os desafios enfrentados durante o processo. Ao fornecer uma conclusão geral sobre a viabilidade e relevância da certificação LEED em empreendimentos residenciais, é possível destacar a importância contínua de buscar práticas sustentáveis na construção (SILVA; FOSSÁ, 2015).

A obtenção da certificação LEED em um empreendimento residencial envolve a implementação de diversas diretrizes e medidas sustentáveis, abrangendo eficiência energética, gestão de água, materiais sustentáveis e qualidade ambiental interna. A adaptação dessas práticas às características específicas do projeto e o acompanhamento constante do desempenho são fundamentais para alcançar o objetivo de construir empreendimentos mais sustentáveis e alinhados com os princípios do LEED (LIU *et al.*, 2019).

3.5 NORMA DE DESEMPENHO 15575

A Norma de Desempenho NBR 15575, também conhecida como a Norma Brasileira de Desempenho de Edificações Habitacionais, tem desempenhado um papel essencial na melhoria da qualidade das construções residenciais no Brasil, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a norma tem como objetivo estabelecer critérios e requisitos técnicos que garantem o desempenho adequado de edifícios habitacionais, abrangendo áreas fundamentais como segurança, conforto, durabilidade e sustentabilidade (ABNT, 2013).

A Norma de Desempenho NBR 15575 está estruturada em seis partes, cada uma abordando aspectos específicos do desempenho de edificações residenciais (ABNT, 2013).

Parte 1: estabelece os termos e definições, enquanto as partes subsequentes tratam de:

Parte 2: Requisitos Gerais

Parte 3: Requisitos de Desempenho para Sistemas Estruturais

Parte 4: Requisitos de Desempenho para Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas

Parte 5: Requisitos de Desempenho para Sistemas de Coberturas

Parte 6: Requisitos de Desempenho para Sistemas Hidrossanitários

A estrutura da norma permite a abordagem de várias dimensões do desempenho de edificações, incluindo requisitos qualitativos e quantitativos e métodos de avaliação para garantir os requisitos (ABNT, 2013).

Conforme Figueiredo (2018), destaca que a NBR 15575 se destina a aprimorar a qualidade e a confiabilidade das edificações residenciais, refletindo as necessidades e expectativas dos ocupantes, ainda fornece orientações claras para arquitetos, engenheiros e construtores, estabelecendo padrões que elevam o desempenho das edificações e contribuem para a satisfação dos usuários.

Em relação à segurança estrutural, a NBR 15575 estabelece critérios que visam à prevenção de acidentes e ao aumento da resistência das construções, essa norma tem sido essencial para garantir a integridade das edificações, especialmente em regiões sujeitas a eventos sísmicos (SILVA *et al.*, 2019).

Segundo Torres (2020) outro aspecto crucial abordado pela NBR 15575 é o conforto térmico e acústico, a norma na busca por ambientes internos mais confortáveis e define critérios específicos que auxiliam na redução do consumo de energia e na criação de espaços habitáveis que atendam às expectativas dos moradores.

Além disso, a norma aborda a durabilidade e a vida útil das edificações (ABNT, 2013). De acordo com Almeida *et al.* (2018), a NBR 15575 tem contribuído para a minimização de patologias e defeitos prematuros em edifícios, estendendo a vida útil das construções e reduzindo custos de manutenção.

Quanto à sustentabilidade e eficiência energética, a NBR 15575 estabelece diretrizes que promovem práticas construtivas mais responsáveis (ABNT, 2013). Segundo Lima (2018), ressalta como essa norma impulsiona a adoção de sistemas mais eficientes, como a otimização dos recursos naturais, o uso de energia solar e o aproveitamento de água da chuva, contribuindo para a redução do impacto ambiental das construções.

A Norma de Desempenho NBR 15575 tem desempenhado um papel fundamental na melhoria da qualidade das edificações residenciais no Brasil, destacando a importância da segurança, conforto, durabilidade e sustentabilidade nas construções habitacionais, refletindo as melhores práticas da indústria da construção civil brasileira (FIGUEIREDO, 2018; SILVA *et al.*, 2019).

3.5.1 Abordagem de desempenho - história e panorama nacional e características

A Norma de Desempenho NBR 15575, também conhecida como a Norma Brasileira de Desempenho de Edificações Habitacionais ou Regulação, é um conjunto de normas técnicas brasileiras que estabelece requisitos e critérios para o desempenho de edifícios residenciais, sua abordagem é abrangente, cobrindo aspectos fundamentais da qualidade e segurança das construções habitacionais no Brasil (ABNT, 2013; MENDONÇA *et al.*, 2020).

A NBR 15575 foi publicada pela ABNT em 2013 e passou por atualizações subsequentes, a última delas em 2021, a norma surgiu da necessidade de aprimorar a qualidade das edificações habitacionais no Brasil, reduzindo problemas e patologias frequentes em construções (ABNT, 2021). Através do tempo, a NBR 15575 tem evoluído para atender às demandas de uma sociedade em constante transformação e se alinhar a padrões internacionais de desempenho em edificações (CARVALHO E LIMA, 2019).

Com relação ao desempenho térmico das edificações, a Norma de Desempenho passou por uma significativa atualização em 2021. Essa revisão, efetuada por meio de uma emenda específica para desempenho térmico, terá implicações diretas nas entregas de novos empreendimentos residenciais por parte das construtoras. Portanto, é crucial que os empresários do setor estejam atentos e se ajustem a essas alterações para assegurar a conformidade em suas entregas. A emenda já está em vigor, sendo aplicada a projetos protocolados a partir de 26 de setembro de 2023 (LAMBERTS *et al.*, 2020)

As principais modificações foram os itens parte 1, parte 4 e parte 5, anteriormente apresentados que incluem:

Limitação de Janelas por Fachada: A emenda revisou e simplificou as diretrizes, introduzindo uma porcentagem máxima de janelas permitida para cada fachada (LAMBERTS *et al.*, 2020).

Simulação Climática Anual Obrigatória: Uma alteração essencial exige a realização de simulações térmicas ao longo de todo o ano, utilizando arquivos climáticos específicos para o empreendimento (LAMBERTS *et al.*, 2020).

Inclusão de Cargas Térmicas Diversificadas: A emenda determina a inclusão de cargas térmicas provenientes de ocupação, iluminação artificial e equipamentos nas simulações, proporcionando uma avaliação mais abrangente (LAMBERTS *et al.*, 2020).

Modelagem Específica para Ventilação Natural: Uma inovação importante refere-se à modelagem da ventilação natural, que agora é baseada nas características específicas das janelas de cada empreendimento (LAMBERTS *et al.*, 2020).

Essas alterações, em conjunto, visam não apenas aprimorar a eficácia energética das edificações, mas também garantir uma abordagem mais realista e representativa do desempenho térmico ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Portanto, a adaptação a essas mudanças é essencial para a conformidade com as normas vigentes e para o sucesso das

entregas de novos empreendimentos no setor da construção residencial (LAMBERTS et al., 2020).

Segundo Santos e Pereira (2020) no panorama nacional, a aplicação da NBR 15575 tem sido essencial para elevar a qualidade das edificações habitacionais, a norma desempenha um papel crucial na prevenção de problemas estruturais, no aumento da segurança dos moradores e na promoção de construções mais duráveis e sustentáveis. Portanto, a NBR 15575 é uma norma abrangente que visa garantir o desempenho adequado de edificações habitacionais no Brasil, com critérios rigorosos e atualizações periódicas, atuando na promoção da qualidade, segurança e sustentabilidade nas construções residenciais do país (FERREIRA E BARBOSA, 2021).

A NBR 15575 não é apenas um conjunto de regras, mas uma ferramenta abrangente para elevar os padrões da construção habitacional no Brasil, proporcionando benefícios tangíveis para moradores, construtores e o meio ambiente (SANTOS E PEREIRA, 2020).

3.5.2 Aplicabilidade da norma de desempenho

A aplicabilidade da norma de desempenho surgiu da necessidade de aprimorar a qualidade das edificações habitacionais no Brasil, reduzindo problemas e patologias frequentes em construções (ABNT, 2022). A NBR 15575 é uma norma técnica brasileira que estabelece os requisitos mínimos de desempenho para edificações habitacionais em diversas categorias, incluindo segurança estrutural, segurança contra incêndio, conforto térmico, acústico, durabilidade, sustentabilidade e eficiência energética e outros aspectos relacionados à qualidade e ao desempenho de edifícios residenciais, foi desenvolvida para melhorar a qualidade das construções habitacionais no Brasil e garantir que os moradores tenham um ambiente seguro e confortável (CARNEIRO E DIAS, 2012).

A norma estabelece critérios rigorosos para garantir a integridade e estabilidade das edificações, um dos aspectos mais notáveis da NBR 15575 é a sua abordagem à segurança estrutural, considerando situações extremas, como ventos fortes, possíveis sismos e incêndios (CARVALHO E LIMA, 2019). Essa ênfase na segurança não apenas protege a vida dos moradores, mas também promove a qualidade e a confiabilidade das construções residenciais (FIGUEIREDO, 2018).

A segurança contra incêndio desempenha um papel fundamental na NBR 15575, estabelecendo requisitos e critérios que visam prevenir, proteger e minimizar os riscos de incêndios em edificações residenciais. Esses requisitos abrangem a implementação de sistemas de detecção de incêndio, saídas de emergência eficazes e materiais retardadores de fogo. A presença de sistemas de detecção, como alarmes e detectores de fumaça, é essencial para a detecção precoce de incêndios, permitindo a evacuação segura dos ocupantes e a intervenção das equipes de combate ao fogo (FIGUEIREDO, 2018).

Outro ponto crucial abordado pela NBR 15575 é o conforto térmico e acústico (ABNT, 2013). De acordo com Torres (2020), a norma define parâmetros que visam criar ambientes internos agradáveis, controlando a temperatura e minimizando a transmissão de ruídos entre as unidades habitacionais, isso contribui substancialmente para a qualidade de vida dos moradores, garantindo ambientes internos confortáveis e silenciosos.

Segundo Lima Jr. (2018) a preocupação com a sustentabilidade e a eficiência energética é uma característica proeminente da NBR 15575, promovendo práticas construtivas mais responsáveis, incentivando o uso de sistemas eficientes de energia, materiais sustentáveis e a adoção de tecnologias ecológicas. Essa abordagem não apenas reduz o impacto ambiental das construções, mas também contribui para a economia de recursos e custos operacionais a longo prazo (FERREIRA E BARBOSA, 2021).

Além disso, a NBR 15575 exige a elaboração e disponibilização de documentação técnica detalhada, como manuais de uso, operação e manutenção das edificações, essa documentação não apenas facilita a gestão adequada das edificações após a conclusão, mas também promove transparência e responsabilidade por parte dos construtores, ao fornecer informações essenciais para os moradores (MENDONÇA *et al.*, 2020).

A responsabilidade pela aplicação da norma é dividida entre os agentes da construção civil, desde os projetistas, engenheiros até os fornecedores de produtos, todos são responsáveis por garantir qualidade e atendimento às normas. (CBIC, 2015). A norma exige mudanças no processo de produção, projeto, fornecedores e fiscalização, o projeto inicial bem detalhado é fundamental para as demais fases, ao ter um projeto bem detalhado com especificações bem definidas facilita na hora de comprovar o atendimento da norma referente a materiais e produtos utilizados (SILVA E OLIVEIRA, 2018; SILVA *et al.*, 2014).

3.6 COMPARAÇÃO NBR 15575 E Certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED)

A Certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um sistema internacional de classificação de edifícios sustentáveis que se concentra na redução do impacto ambiental das construções. Enquanto a NBR 15575 se concentra principalmente no desempenho de edifícios habitacionais, o LEED aborda uma ampla gama de aspectos ambientais e de sustentabilidade em edifícios comerciais e institucionais (KIBERT, 2016).

No cenário brasileiro, a norma NBR 15575 ganha crescente importância, estabelecendo diretrizes específicas para o desempenho de edifícios habitacionais (ROCHA *et al.* 2019). Segundo Viegas (2020) enfatiza a interseção entre a Certificação LEED e a NBR 15575, tornando esse tópico particularmente relevante. A aplicação da Certificação LEED pode potencialmente contribuir para o atendimento dos requisitos locais de desempenho estabelecidos na norma. A atualidade vê esse assunto amplamente discutido, ressaltando a necessidade de compreender como a Certificação LEED e a norma NBR 15575 podem se complementar, resultando em edifícios mais sustentáveis e alinhados com as demandas do mercado brasileiro (TORRES, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2018).

Quadro 3- Comparativo entre LEED e a NBR 15575:

Descrição	LEED	NBR 15575
-----------	------	-----------

SUSTENTABILIDADE	O LEED é amplamente reconhecido por seu foco na construção sustentável, promovendo práticas que reduzem o impacto ambiental das edificações, adaptado a diferentes regiões e climas (AMARAL, 2013; HART, YORIO E ATTMANN, 2018).	A NBR 15575 também promove a sustentabilidade, visando construções mais duráveis e eficientes em termos de recursos, é específica para o contexto brasileiro, mas também segue padrões internacionais de desempenho em edificações (CARVALHO E LIMA, 2019; FERREIRA E BARBOSA, 2021).
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	O LEED estabelece critérios rigorosos para eficiência energética, incentivando o uso de sistemas eficientes e fontes de energia renovável (CHEN <i>et al.</i> , 2019).	A NBR 15575 inclui requisitos relacionados ao desempenho térmico das edificações, buscando o conforto térmico e a economia de energia (SANTOS E PEREIRA, 2020).
USO RACIONAL DE ÁGUA	O LEED promove a eficiência no uso da água, incentivando a instalação de dispositivos economizadores e sistemas de reciclagem de água (GBCB, 2021).	A NBR 15575 inclui requisitos para o controle de vazamentos e a medição do consumo de água, visando a redução do uso de recursos hídricos (CARVALHO E LIMA, 2019).
DOCUMENTAÇÃO TEÓRICA	O LEED requer a documentação de práticas sustentáveis e a disponibilização de manuais de uso e operação (MENDONÇA <i>et al.</i> , 2020).	A NBR 15575 também exige a documentação técnica, facilitando a vida dos moradores (MENDONÇA <i>et al.</i> , 2020).
DURABILIDADE E VIDA ÚTIL	O LEED incentiva a durabilidade das construções através de critérios para materiais e componentes sustentáveis (SILVA E OLIVEIRA, 2018).	A NBR 15575 busca prolongar a vida útil das edificações, definindo critérios para a resistência de materiais e componentes (FERREIRA E BARBOSA, 2021).
SEGURANÇA ESTRUTURAL	Embora o LEED não seja focado na segurança estrutural, ele considera a resistência das estruturas em situações como incêndios (CARVALHO E LIMA, 2019).	A NBR 15575 define critérios rigorosos para garantir a segurança estrutural das edificações (CARVALHO E LIMA, 2019).

Fonte: A autora, 2023;

A Certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e a norma NBR 15575 desempenham papéis cruciais na promoção da sustentabilidade no setor da

construção, cada uma com suas ênfases e abordagens específicas. Enquanto o LEED se destaca internacionalmente pela sua abrangência na redução do impacto ambiental, adaptando-se a diferentes contextos globais, a NBR 15575 concentra-se nas demandas específicas do cenário brasileiro, priorizando o desempenho de edifícios habitacionais (MENDONÇA *et al.*, 2020).

O diálogo entre essas duas normativas é evidenciado pela interseção destacada por Viegas (2020). A Certificação LEED, com sua abordagem abrangente, pode potencialmente colaborar para o alcance dos requisitos locais estabelecidos pela NBR 15575. Essa sinergia entre padrões internacionais e normas nacionais é crucial para o desenvolvimento de edificações sustentáveis que atendam não apenas às exigências globais, mas também às necessidades específicas do mercado brasileiro (VIEGAS,2020).

O comparativo entre o LEED e a NBR 15575 ressalta a complementaridade dessas abordagens. Ambas as normativas convergem em aspectos essenciais, como eficiência energética, qualidade do ar interno, uso racional de água, documentação técnica e durabilidade das construções. Enquanto o LEED oferece uma perspectiva internacional, a NBR 15575 fornece diretrizes adaptadas à realidade nacional, abrangendo desde o conforto térmico até a segurança estrutural.

Em um panorama em que a sustentabilidade se torna cada vez mais premente, a convergência entre o LEED e a NBR 15575 não apenas enriquece a discussão sobre práticas construtivas sustentáveis, mas também abre caminho para a concepção e execução de edifícios que aliam inovação global e considerações locais. Nesse contexto, compreender e explorar as sinergias entre essas normativas é fundamental para impulsionar a construção de um ambiente construído mais sustentável e alinhado com as demandas presentes e futuras do mercado brasileiro.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas as etapas que foram percorridas para atingir os objetivos deste estudo de caso. Além disso, são apresentados a delimitação do estudo, a localização do empreendimento de análise, e os instrumentos que foram utilizados para a coleta dos dados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, seguindo a abordagem proposta por Carvalho *et al.* (2020), a abordagem aplicada visa analisar um problema específico em um contexto definido, buscando soluções para os desafios enfrentados nesse ambiente particular.

A pesquisa adota uma abordagem exploratória e descritiva. Segundo Silva e Menezes (2021), a pesquisa exploratória proporciona um maior entendimento do tópico investigado, permitindo a definição do tema da pesquisa, a orientação dos objetivos e a formulação de hipóteses. Já a pesquisa descritiva, de acordo com Rocha (2018), visa descrever as características de uma população ou fenômeno e identificar relações entre as variáveis analisadas, buscando apenas aprofundar o entendimento para obter resultados mais autênticos.

A pesquisa adotará uma abordagem qualitativa que permite a complementação entre aspectos objetivos (pesquisa quantitativa) (ALVES-MAZZOTTI e GEWINDSZNAJDER, 2018). Essa abordagem é valiosa para a análise, pois permite uma compreensão mais abrangente e profunda do fenômeno estudado, enriquecendo a interpretação dos resultados (Creswell, 2021).

Será realizado uma análise comparativa do empreendimento selecionado, levantando informações sobre o projeto arquitetônico, sistemas de energia, uso da água, qualidade do ar interno, seleção de materiais e outros aspectos relevantes para a certificação LEED. Resultando em um diagnóstico para identificar os principais pontos a melhorar em relação aos critérios de certificação (SILVA; FOSSÁ, 2015).

Serão apresentadas tabelas de checklist adaptadas do LEED para o projeto, bem como uma análise qualitativa de seu atendimento. As descrições de cada item têm como base o LEED v4 para Projeto e Construção de Edifício - LEED BD+C (USGBC, 2013). A avaliação dos critérios é realizada em três categorias: (S – Sim) para indicar atendimento completo, (P – Possível) para situações em que o atendimento é viável, mas não integral, e (N – Não) para quando o critério não é atendido (GBCB, 2021).

Além disso, nas colunas subsequentes, são descritos o crédito associado a cada critério e a pontuação máxima que pode ser obtida. No entanto, é importante ressaltar que, de acordo com as diretrizes do LEED v4, o atendimento de um critério nem sempre garante a pontuação máxima, uma vez que esta pode variar com base no desempenho real do projeto ou outras métricas especificadas. (GBCB, 2021; CHEN et al , 2019).

Com base na análise inicial e no diagnóstico, definir as estratégias que serão adotadas no empreendimento. Isso inclui a identificação de ações a serem tomadas para atender aos pré-requisitos e critérios específicos da certificação LEED. Elaborar um plano de

implementação, estabelecendo as etapas e responsabilidades para cada estratégia de certificação. O plano deve abordar aspectos como eficiência energética, uso responsável da água, seleção de materiais sustentáveis, qualidade ambiental interna e inovação no projeto (FERREIRA *et al*, 2020).

No que se refere aos métodos técnicos empregados na condução deste estudo, recorreu-se à pesquisa bibliográfica para estabelecer o embasamento teórico. Segundo Marconi e Lakatos (2010) e Gil (2010), a pesquisa bibliográfica fundamenta-se em materiais que ainda não foram analisados de forma aprofundada, permitindo sua reelaboração de acordo com os objetivos específicos da pesquisa.

Realizar uma discussão sobre os resultados obtidos, abordando os benefícios da certificação LEED para o empreendimento residencial e os desafios enfrentados durante o processo. Fornece uma conclusão geral sobre a viabilidade e relevância econômica da certificação LEED BD+C , na categoria Silver no empreendimento residencial (SILVA; FOSSÁ, 2015).

A Figura 5 apresenta um resumo do passo a passo da metodologia.

Figura 5- Metodologia de aplicada



Fonte: A autora, 2023.

4.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O projeto em análise é um empreendimento residencial, localizado com frente para a Rua Professora Viero (conforme Figura 6) e para a Rua Carlos Colussi (conforme Figura 7), Quadra 279, Lote 21, Bairro Madureira no município de Caxias do Sul, RS.

O empreendimento possui 9.091,33 m² de área construída, sendo composto por 13 pavimentos divididos como demonstrado no Quadro 4. O empreendimento contará com 15 apartamento de 89m² de área privativa, 15 apartamentos de 109m² de área privativa e 15 apartamento de 113m² de área privativa, sendo 3 apartamentos por andar (conforme Figura 8), podendo ter box de garagem duplo, o empreendimento possui fachada para Leste, Norte e Oeste, ainda contará com dois salão de festa, terraço arborizado, academia, mini mercado, e uma brinquedoteca (térreo residencial).

Figura 6 - Fachada para Rua Profa. Viero - Salas Comerciais



Fonte: Solus Incorporadora (2022).

Figura 7 - Fachada para a Rua Carlos Colussi - Residencial



Fonte: Solus Incorporadora, (2022).

Figura 8 - Planta Baixa dos apartamentos



Rua Carlos Colussi

Fonte: Solus Incorporadora, 2022.

Quadro 4 - Quadro de áreas

Pavimento	Característica
1º Pavimento	3º subsolo - garagem
2º Pavimento	2º subsolo - garagem e lojas
3º Pavimento	1º subsolo - garagem
4º Pavimento	Térreo residencial
5º Pavimento	Apartamentos 501 a 503
6º Pavimento	Apartamentos 601 a 603
7º Pavimento	Apartamentos 701 a 703
8º Pavimento	Apartamentos 801 a 803
9º Pavimento	Apartamentos 901 a 903
10º Pavimento	Apartamentos 1001 a 1003
11º Pavimento	Apartamentos 1101 a 1103
12º Pavimento	Apartamentos 1201 a 1203
13º Pavimento	Apartamentos 1301 a 1303
Cobertura	Reservatório e casa de máquinas

Fonte: Autora (2023).

Os projetos e suas execuções arquitetônica e hidrossanitária são de responsabilidade do Arquiteto Everton do Prado, CAU A38885-8, conforme RRT emitida. Para a obra, deverão ser observadas as especificações técnicas citadas no Quadro 5.

Quadro 5 - Especificações técnicas

Elemento	Material/Característica
Fundações	Sapatas isoladas, pilares e vigas de concreto armado
Sistema Estrutural	Alvenaria de tijolos cerâmicos respaldados por elementos de concreto armado; lajes de concreto armado
Cobertura	Telhas de concreto onduladas sobre estrutura de laje de concreto; estrutura de suporte em madeira; beirais de concreto rebocado
Esquadrias Externas	Esquadrias de correr em PVC; vidros lisos de espessura 6mm
Portas	Internas: madeira laminada semioca, pintadas com tinta esmalte; externa de acesso principal: maciça de madeira
Portões	Garagem: gradil metálico no alinhamento; pedestres: gradil metálico

Corrimãos	Externos: vidro laminado com estrutura e perfil de alumínio (sacadas e escadarias de acesso a pedestres); internos da escada: madeira pintada com tinta esmalte
Contrapisos	Concreto sobre cancha apiloada e recoberta por lastro de brita
Revestimentos	Garagem, cozinha, banheiros e lavanderia: placas cerâmicas; dormitórios, circulação, sala de estar e jantar: piso laminado flutuante
Paredes	Internas de banheiros, cozinha e área de serviço: emboço e revestimento com placas cerâmicas até o forro; demais paredes: reboco, chapisco, emboço e reboco fino
Pintura	Paredes externas: reboco com reboco misto; vigas, colunas e oitões: reboco de massa fina; alvenarias internas e externas e elementos em concreto aparente: pintura com selador e tinta acrílica
Instalações Elétricas	Tubulações previstas para fiação de TV e rede de telefone; projeto conforme normas técnicas vigentes
Instalações Hidrossanitários	Esperas para água quente, água fria e esgoto conforme projeto hidrossanitário
Áreas Externas	Canteiros frontais recobertos de grama após a conclusão; sistema de reuso da água da chuva; gás central
Diferenciais construtivos	Piso aquecido nos banheiros; energia solar para o condomínio; ventilação cruzada dentro dos apartamentos; ambientes com janelas amplas; churrasqueira na cozinha; espera para split; sistema inovador hidráulico

Fonte: Autora (2023).

4.3 COMPARAÇÃO QUALITATIVA DA ANÁLISE DO PROJETO

A seguir, serão apresentados os critérios estabelecidos pelas tabelas de checklist do LEED para o projeto, bem como uma análise qualitativa de seu atendimento. As descrições de cada item têm como base o LEED v4 para Projeto e Construção de Edifício - LEED BD+C, (USGBC, 2013).

4.3.1 Processo integrado

Nesta etapa é realizado uma análise prévia dos inter-relacionamentos entre sistemas, os sistemas de energia, envoltória, condições do terreno, uso de sistemas de água e documentar como a análise destes sistemas auxiliou nas decisões de projeto do empreendimento (GBCB, 2021).

4.3.2 Localização e Transporte

Neste item leva-se em consideração os critérios sobre o entorno e acesso a transporte.

4.3.2.1 Crédito: Localização do LEED Neighborhood (Bairros)

De acordo com o USGBC (2014), esse crédito estabelece diretrizes para evitar a construção de empreendimentos em terrenos inadequados, buscando reduzir a necessidade de deslocamento de veículos e promover um maior acesso ao transporte público. Para obter pontuação neste critério, o projeto deve estar localizado nas proximidades de um empreendimento certificado LEED para Desenvolvimento de Bairros.

4.3.2.2 Crédito: Proteção de áreas sensíveis

Para conquistar este crédito, conforme especificado pelo USGBC (2014), a área de projeção do empreendimento deve estar em um terreno previamente desenvolvido ou em áreas não designadas como terras agrícolas, áreas de conservação ambiental, áreas de planícies alagáveis, áreas localizadas a menos de 30 metros de corpos d'água ou a menos de 15 metros de zonas úmidas.

4.3.2.3 Crédito: Local de alta prioridade

O objetivo deste crédito, conforme definido pelo USGBC (2014), é incentivar a localização do projeto em áreas com restrições de desenvolvimento, como vazios urbanos em bairros históricos, terrenos designados como áreas de interesse social para habitação (apenas nos EUA) ou terrenos identificados como tendo contaminação do solo ou água subterrânea, desde que a devida remediação seja realizada.

4.3.2.4 Crédito: Densidade do entorno e Usos Diversos

Conforme estabelecido pelo USGBC (2014), este crédito visa proteger terras agrícolas e habitats naturais ao promover o desenvolvimento em áreas urbanas consolidadas, facilitando o acesso a pé e reduzindo a dependência de veículos automotores, além de proporcionar fácil acesso ao transporte público. Para atender a este critério, o projeto deve estar localizado em um raio de 400 metros de uma área com densidade residencial de 17,5 unidades por hectare para terrenos de até 5.050 metros quadrados ou 30 unidades por hectare para terrenos de até 8.035 metros quadrados por hectare.

4.3.2.5 Crédito: Acesso a transporte de qualidade

Por meio deste crédito, busca-se incentivar empreendimentos localizados em áreas com acesso a modos de transporte intermodal ou que reduzam o uso de veículos automotores, contribuindo assim para a redução das emissões de gases poluentes (GBCB, 2021).

4.3.2.6 Crédito: Instalações para bicicletas

Este crédito incentiva o uso de bicicletas como meio de transporte individual, reduzindo a dependência de veículos automotores e promovendo a atividade física (GBCB, 2021).

4.3.2.7 Crédito: Redução de área de projeção de estacionamento

Este crédito visa minimizar os impactos ambientais associados à construção de estacionamentos, reduzindo a necessidade de consumo de terreno e promovendo alternativas ao uso de veículos automotores (USGBC, 2014). O atendimento a este critério depende do cumprimento dos requisitos do código local em relação à quantidade de vagas de estacionamento (GBCB, 2021). O projeto varia em relação ao número de vagas de estacionamento, dependendo da cidade em que é implantado, e o cumprimento desses requisitos é avaliado empiricamente pelos órgãos de aprovação (GBCB, 2021).

4.3.2.8 Crédito: Veículos verdes

Este crédito incentiva o uso de veículos de baixa emissão, como veículos elétricos e veículos que atendam a padrões específicos de emissão. O projeto poderia atender a esse critério por meio da instalação de equipamentos para recarga de veículos elétricos ou da promoção de veículos verdes (GBCB, 2021).

4.3.3 Terrenos Sustentáveis

Neste item são previstas ações que visam a redução da poluição da fase de construção do empreendimento, minimizando a erosão do solo, sedimentação de cursos d'água e partículas em suspensão no ar (GBCB, 2021).

4.3.3.1 Pré-requisito: Prevenção da Poluição na Atividade de Construção

Conforme estipulado pelo USGBC (2021), é necessário cumprir este pré-requisito,

que se trata de um requisito fundamental, criando um plano de controle de erosão e sedimentação para as atividades de construção, independentemente do tamanho do projeto em questão. Esse plano deve estar em conformidade com os requisitos da Licença Geral de Construção - CGP e com a legislação local aplicável. O projeto em análise pode incorporar esse plano como um componente adicional no memorial descritivo e na documentação fornecida à empresa executora da obra.

4.3.3.2 Crédito: Avaliação do terreno

Neste crédito, o projeto deve avaliar minuciosamente as condições do terreno para prever opções sustentáveis na sua implantação. O relatório de avaliação deve abordar diversos aspectos, incluindo topografia, hidrologia, clima, vegetação, solos, uso humano e efeitos na saúde humana. O levantamento de dados deve mostrar como esses elementos influenciaram nas decisões de projeto. Caso algum desses itens não seja abordado, deve ser fornecida uma justificativa. O projeto em análise possui informações disponíveis sobre a área que podem ser utilizadas para realizar essa avaliação do terreno (GBCB, 2021).

4.3.3.3 Crédito: Desenvolvimento do terreno - Proteger ou Restaurar Habitat

Este crédito visa à preservação de áreas naturais e a restauração de áreas degradadas. Para atender a este crédito, 40% da área do terreno deve ser preservada, quando aplicável. Existem duas opções: restaurar a área com plantio de vegetação, recuperação dos solos e outras ações, ou fornecer apoio financeiro a uma instituição de preservação ambiental reconhecida nacional ou localmente (US\$ 4,00 por metro quadrado da área total do terreno) (USGBC, 2021).

4.3.3.4 Crédito: Espaço aberto

Este crédito incentiva a criação de espaços abertos que promovam a interação dos usuários com o ambiente natural, encorajando a recreação passiva e a prática de atividades físicas. Para cumprir esse critério, o projeto deve destinar pelo menos 30% da área total do terreno para espaços externos, sendo que 25% desses espaços devem ser cobertos por vegetação. Esses espaços devem ser fisicamente acessíveis e podem incluir áreas pavimentadas para pedestres, áreas de recreação, jardins e áreas para hortas comunitárias (GBCB, 2021).

4.3.3.5 Crédito: Gestão de águas pluviais

Este crédito tem como objetivo reduzir o volume de escoamento de águas pluviais, promovendo um comportamento hídrico de superfície semelhante ao natural. O cumprimento desse crédito depende de atender a percentuais específicos de escoamento de águas superficiais, bem como de implementar práticas de drenagem adequadas. O projeto em análise poderá atender a esses requisitos por meio de medidas de gestão de águas pluviais em seu projeto de drenagem já pré estabelecido (GBCB, 2021).

4.3.3.6 Crédito: Redução de Ilhas de Calor

O objetivo deste crédito é reduzir o efeito de ilha de calor e minimizar seu impacto no microclima local. Para atender a esse requisito, a construção deve disponibilizar no mínimo 50% das vagas de estacionamento cobertas, e essas vagas cobertas devem ter um índice de refletância solar mínimo de 29 (onde 0 representa alta absorção e 100 representa baixa absorção). Portanto, para cumprir essa exigência e obter a pontuação máxima as vagas disponíveis devem ser em subsolos ou abaixo do edifício. Isso contribuirá para a redução do calor excessivo gerado pela exposição ao sol e minimizará os efeitos da ilha de calor no ambiente local (GBCB, 2021).

4.3.3.7 Critério: Redução da Poluição luminosa

Este crédito tem como objetivo melhorar a visibilidade do céu noturno, mitigando os efeitos da iluminação artificial em áreas externas dos empreendimentos. O LEED V4 determina métodos que podem ser seguidos para obter este crédito, que envolvem a determinação de parâmetros para iluminação para cima e transgressão da luz, de acordo com critérios estabelecidos (USGBC,2021).

Tendo algumas exceções, que as são formas de iluminação, como iluminação sinalizadora, iluminação de fachadas e paisagismo, bem como rodovias e áreas específicas com desligamento programado, podem ser excluídas do critério (GBCB, 2021).

4.3.4 Eficiência Hídrica

Neste item iremos abordar os critérios a serem respeitados para redução do consumo de água do empreendimento.

4.3.4.1 Crédito: Redução do Uso de Água Exterior

Este crédito tem como objetivo reduzir o consumo de água para irrigação das áreas de paisagismo do empreendimento. Existem duas opções para atender a este pré-requisito:

Opção 1: Estabelecer um projeto paisagístico cujas espécies não necessitem de irrigação permanente. Isso significa selecionar plantas que sejam nativas, resistentes à seca ou que exigem pouca irrigação após o estabelecimento inicial (GBCB, 2021).

Opção 2: Reduzir o consumo com irrigação de forma que seja 30% mais eficiente nos meses de pico em comparação com um baseline determinado pela Agência de Proteção Ambiental (GBCB, 2021).

4.3.4.2 Pré-requisito: Redução do Uso de Água do Interior

Este pré-requisito é obrigatório e estabelece padrões para o consumo reduzido de água no interior do edifício. Dispositivos e conexões, como bacias sanitárias, mictórios, torneiras de banheiros e torneiras de cozinha, devem apresentar um consumo 2% menor em relação ao baseline (GBCB, 2021).

4.3.4.3 Pré-requisito: Medição de Água do Edifício

Este pré-requisito exige a instalação de hidrômetros individuais para que o proprietário possa acompanhar o consumo de água. Para atender ao pré-requisito, relatórios mensais e anuais devem ser encaminhados ao GBCB por um período de cinco anos após a certificação do empreendimento (GBCB, 2021).

4.3.4.4 Crédito: Uso de Água de Torre de Resfriamento

Este crédito visa à conservação da água utilizada em torres de resfriamento, prevenindo e controlando a corrosão, formação de crostas e micróbios no equipamento (GBCB, 2021).

4.3.4.5 Crédito: Medição de Água

Para obter pontos neste crédito, é necessário instalar hidrômetros em pelo menos dois subsistemas de água (GBCB, 2021).

4.3.5 Energia e Atmosfera

Na categoria de Energia e Atmosfera os pré-requisitos e créditos abordam uma

visão global quanto à eficiência energética, buscando a redução do consumo energético através de estratégias de projeto e uso de fontes renováveis (USGBC, 2013).

4.3.5.1 Pré-requisito: Comissionamento Fundamental e Verificação

Este pré-requisito exige a aplicação do processo de comissionamento para garantir que os sistemas elétricos, mecânicos, hidráulicos e de energia renovável do edifício. Para atender a este pré-requisito, um plano de comissionamento deve ser elaborado, incluindo registro documental durante a elaboração de projetos, execução e entrega final da obra. Esse plano deve abranger itens como checklists de construção, procedimentos de testes de sistemas e definição de requisitos mínimos de iluminação, ar externo, manutenção preventiva, entre outros. Ao final do processo, um relatório deve ser preparado, informando o proprietário sobre as conclusões e recomendações para a operação eficiente do edifício (GBCB, 2021).

4.3.5.2 Pré-requisito: Desempenho Mínimo de Energia

Este pré-requisito tem como objetivo garantir que o projeto alcance um desempenho mínimo de eficiência energética. Realizar uma simulação energética de todo o edifício, buscando uma melhoria de 5% na avaliação de desempenho da envoltória e núcleo central em comparação com o projeto baseline (GBCB, 2021).

4.3.5.3 Pré-requisito: Medição de Energia do Edifício

Este pré-requisito tem como objetivo identificar oportunidades de economia de energia no edifício. Para atendê-lo, devem ser instalados medidores de energia que registrem o consumo total do edifício, e os dados de consumo devem ser compartilhados com o USGBC por um período de cinco anos após a certificação do empreendimento (USGBC, 2018).

4.3.5.4 Pré-requisito: Gerenciamento de Gases Refrigerantes

Este pré-requisito visa reduzir os danos causados à camada de ozônio, proibindo o uso de refrigerantes à base de clorofluorcarbono (CFC) em sistemas de aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração (GBCB, 2021).

4.3.5.5 Crédito: Comissionamento Avançado

Este crédito oferece a oportunidade de adicionar serviços adicionais ao processo de comissionamento descrito no pré-requisito de Comissionamento Fundamental e Verificação. Para obtê-lo, um agente de comissionamento deve executar uma série de ações, como verificação e testes sazonais dos sistemas, verificação da eficácia do treinamento dos operadores e inclusão de itens relacionados ao uso e manutenção dos sistemas no plano de comissionamento (USGBC,2018).

4.3.5.6 Crédito: Otimizar Desempenho Energético

Este crédito busca alcançar níveis de desempenho energético superiores aos exigidos pelas normas mencionadas no pré-requisito de Desempenho Mínimo de Energia. Ações devem ser tomadas para reduzir a carga energética do edifício por meio de simulação energética ou conformidade prescritiva. O número de pontos obtidos varia de 1 a 16, dependendo do percentual de melhoria alcançado. Assim como outros créditos, esse pode ser abordado com a ajuda de um profissional qualificado (GBCB, 2021).

4.3.5.7 Crédito: Medição de Energia Avançada

Este crédito incentiva a instalação de medidores adicionais em usos finais individuais que representem 10% ou mais do consumo anual do edifício. Esses medidores devem registrar dados em intervalos de uma hora ou menos e transmiti-los para um local remoto, armazenando os dados por pelo menos 36 meses (GBCB, 2021).

4.3.5.8 Crédito: Resposta à Demanda

Este crédito envolve a participação em tecnologias e programas de resposta à demanda. Para obtê-lo, o empreendimento deve participar de um programa de resposta à demanda e incluir sistemas de resposta de demanda automatizados em tempo real no projeto de instalações elétricas. O proprietário deve comprometer-se a participar de um plano de resposta à demanda plurianual para pelo menos 10% da demanda de pico estimada de eletricidade (GBCB, 2021).

4.3.5.9 Crédito: Produção de Energia Renovável

Este crédito incentiva o uso de sistemas de energia renovável pelos proprietários. É calculado o percentual de custo equivalente da energia gerada por fontes renováveis em

relação ao custo total de consumo energético do empreendimento (USGBC, 2018).

4.3.5.10 Crédito: Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes

Este crédito estabelece ações adicionais ao pré-requisito de Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes. Para atendê-lo, não devem ser utilizados gases com potencial de destruição da camada de ozônio (ODP) (GBCB, 2021).

4.3.5.11 Crédito: Energia Verde e Compensação de Carbono

Este crédito envolve a obtenção de pelo menos 50% da energia proveniente de fontes renováveis, uso de compensações de carbono e certificados de energia renovável para atenuar o uso dos efeitos do uso de eletricidade (GBCB, 2021).

4.3.6 Materiais e Recursos

Na categoria de materiais e recursos há um foco na redução da energia e outros impactos relacionados ao ciclo de vida dos materiais da construção (USGBC, 2013).

4.3.6.1 Pré-requisito: Armazenamento e Coleta de Recicláveis

Este pré-requisito visa reduzir os resíduos gerados pelos usuários do edifício, garantindo que eles sejam coletados e armazenados adequadamente para posterior reciclagem. O empreendimento deve fornecer um local específico para a coleta e armazenamento de materiais recicláveis, como papel misto, papelão ondulado, vidro, plástico e metais. Além disso, medidas adequadas e seguras devem ser tomadas para o armazenamento e descarte de pilhas, lâmpadas com mercúrio e resíduos eletrônicos (USGBC, 2013).

4.3.6.2 Pré-requisito: Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição

Este pré-requisito trata da gestão de resíduos gerados durante a construção e demolição do empreendimento, com o objetivo de reduzir o volume de resíduos destinados a aterros sanitários. Para atender a esse pré-requisito, metas de reaproveitamento de resíduos devem ser estabelecidas, juntamente com estratégias para reutilização, reciclagem ou recuperação desses materiais. Ao final da obra, o proprietário deve fornecer um relatório detalhando os fluxos de resíduos gerados, incluindo as taxas de descarte e reaproveitamento. O estudo de caso já contempla a elaboração de um Plano de

Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) em conformidade com as exigências da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Resolução 307 do CONAMA, abordando diversos requisitos desse pré-requisito (GBCB, 2021).

4.3.6.3 Crédito: Redução do Impacto de Ciclo de Vida do Edifício

Este crédito incentiva o reuso de materiais, principalmente em reformas, e busca reduzir o impacto ambiental ao analisar o ciclo de vida da estrutura e do recinto do projeto. A redução de 10% em relação a um edifício baseline deve ser alcançada em pelo menos três das seis categorias estabelecidas, como potencial de aquecimento global (gases do efeito estufa - CO₂), destruição da camada de ozônio, entre outras (GBCB, 2021).

4.3.6.4 Crédito: Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Declarações Ambientais de Produto

Este crédito incentiva o uso de materiais para os quais informações sobre o ciclo de vida estejam disponíveis, seja por meio de declarações ambientais específicas do produto ou atendendo a critérios de redução de impacto ambiental. É necessário utilizar pelo menos 20 produtos de uso permanente de cinco fabricantes distintos que atendam às declarações específicas de produto em conformidade com normas específicas ou definições de declaração ambiental aprovadas pelo GBCB. Outra opção é usar produtos que atendam a critérios específicos de redução de impacto ambiental para 50% do valor total de produtos instalados de forma permanente no projeto. Esses produtos devem ser certificados por terceiros ou atender a programas aprovados pelo GBCB.

4.3.6.5 Crédito: Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Origem de Matérias-Primas

Este crédito incentiva o uso de materiais cuja origem das matérias-primas seja rastreável e que atendam a compromissos de extração responsável ou normas e programas de aquisição responsável. Pelo menos 20 produtos instalados permanentemente no edifício devem atender a esses critérios, com limitações sobre o uso de materiais de estrutura e envoltória (GBCB, 2021).

4.3.6.6 Crédito: Divulgação e Otimização de Produto do Edifício - Ingredientes do Material

Este crédito incentiva a especificação de materiais cujos ingredientes químicos sejam conhecidos e catalogados, reduzindo o uso de materiais que contenham substâncias perigosas. Os produtos devem apresentar inventários, declarações de saúde ou programas aprovados pelo GBCB relacionados aos ingredientes químicos utilizados (GBCB, 2021).

4.3.6.7 Crédito: Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição

Este crédito tem como objetivo a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários durante a construção e a demolição do edifício. O projeto em estudo pode atender a esse crédito se fornecer informações detalhadas sobre a destinação dos resíduos gerados durante a obra, demonstrando o cumprimento das taxas de reaproveitamento e reciclagem. Isso pode ser realizado ao elaborar um plano de gestão de resíduos sólidos, como um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), conforme exigido pela legislação ambiental local (GBCB, 2021).

4.3.7 Qualidade do Ambiente interno

Neste critério de Qualidade do ambiente interno é abordado as decisões de projeto referentes a qualidade do ar interno, conforto térmico, visual e acústico (USGBC, 2013).

4.3.7.1 Pré-requisito: Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior

Este pré-requisito exige que o projeto atenda a requisitos mínimos para garantir a qualidade do ar interior. Isso envolve ventilação e monitoramento baseados em normas norte-americanas e europeias.

4.3.7.2 Pré-requisito: Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco

Este pré-requisito proíbe o fumo dentro dos edifícios e em áreas externas próximas às entradas e janelas operáveis (USGBC, 2013).

4.3.7.3 Crédito: Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior

Esse crédito visa melhorar a qualidade do ar interior e estabelece requisitos para sistemas de ventilação em conformidade com normas norte-americanas (USGBC, 2013).

4.3.7.4 Crédito: Materiais de Baixa Emissão

Esse crédito trata de requisitos relacionados a compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes em materiais de construção. O projeto deve especificar materiais com baixas emissões de COVs (USGBC, 2013).

4.3.7.5 Crédito: Plano de Gerenciamento da Qualidade do Ar Interior na Construção

Este crédito aborda estratégias para um plano de gestão da qualidade do ar interior durante a construção e a preocupação do edifício. Isso envolve proteção de materiais de absorção contra danos por umidade, medidas de controle recomendadas em normas específicas e a proibição do uso de produtos de tabaco durante a construção (USGBC, 2013).

4.3.7.6 Crédito: Avaliação da Qualidade do Ar Interior

Esse crédito estabelece estratégias para melhorar a qualidade do ar interior após a construção e durante a ocupação. Isso pode incluir a realização de um "flush-out" do edifício antes da ocupação ou a implementação de condições diferenciadas de ventilação (USGBC, 2013).

4.3.7.7 Crédito: Conforto Térmico

Para atender a esse crédito, os sistemas de climatização, ventilação e a envoltória do edifício devem atender aos requisitos da Norma ASHRAE 55-2010 ou normas equivalentes. Pelo menos 50% dos espaços devem ter controle individual de temperatura (GBCB, 2021).

4.3.7.8 Crédito: Iluminação Interna

Esse crédito envolve o controle individual da iluminação em pelo menos 90% dos espaços, com três níveis (ligada, desligada, média) (GBCB,2020).

4.3.7.9 Crédito: Luz Natural

Para atender a esse crédito, o projeto deve permitir o controle de ofuscamento para todos os espaços ocupados e medir a iluminância dos ambientes. Isso pode exigir a realização de simulações de iluminação natural e ajustes nos dispositivos de controle da luz natural (GBCB,2020).

4.3.7.10 Crédito: Vistas de Qualidade

Esse crédito exige que os usuários tenham acesso a vistas de qualidade para o exterior (GBCB,2020).

4.3.7.11 Crédito: Desempenho Acústico

Esse crédito estabelece requisitos para o nível de ruído, bem como para o desempenho acústico de janelas externas (GBCB,2020).

4.3.8 Inovação

A obtenção de pontos neste critério é para os projetos que obtêm desempenho excepcional ou inovador nas categorias anteriormente apresentadas.

4.3.8.1 Crédito: Inovação

Este crédito permite que as equipes de projeto utilizem critérios inovadores que resultem em um desempenho ambiental significativo, mesmo que essas estratégias não

estejam especificamente abordadas no LEED (GBCB,2020).

Para obter pontos neste crédito, o projeto deve demonstrar um desempenho exemplar, o que pode ser alcançado de várias maneiras, como atender a critérios que excedam significativamente os requisitos mínimos do LEED ou implementar estratégias inovadoras que resultem em benefícios ambientais substanciais (GBCB,2020).

Se o projeto em análise não atende a esse crédito, a equipe de projeto pode considerar a definição de estratégias adicionais ou melhorias no desempenho em uma área específica que já atenda aos requisitos do LEED. Isso pode envolver a exploração de tecnologias ou abordagens inovadoras para melhorar o desempenho ambiental do edifício (GBCB,2020).

4.3.8.2 Crédito: Profissional Acreditado LEED

Para atender a esse requisito, o projeto deve contar com um profissional acreditado pelo LEED, que pode contribuir de forma efetiva nas estratégias de certificação, definições de projeto, execução das obras e ocupação do edifício de acordo com os critérios estabelecidos pelo LEED. A contratação de um profissional acreditado pelo LEED pode ser benéfica para orientar o projeto na busca da certificação e garantir que todas as diretrizes e requisitos do LEED sejam atendidos de maneira adequada (GBCB,2020).

4.3.9 Prioridade Regional

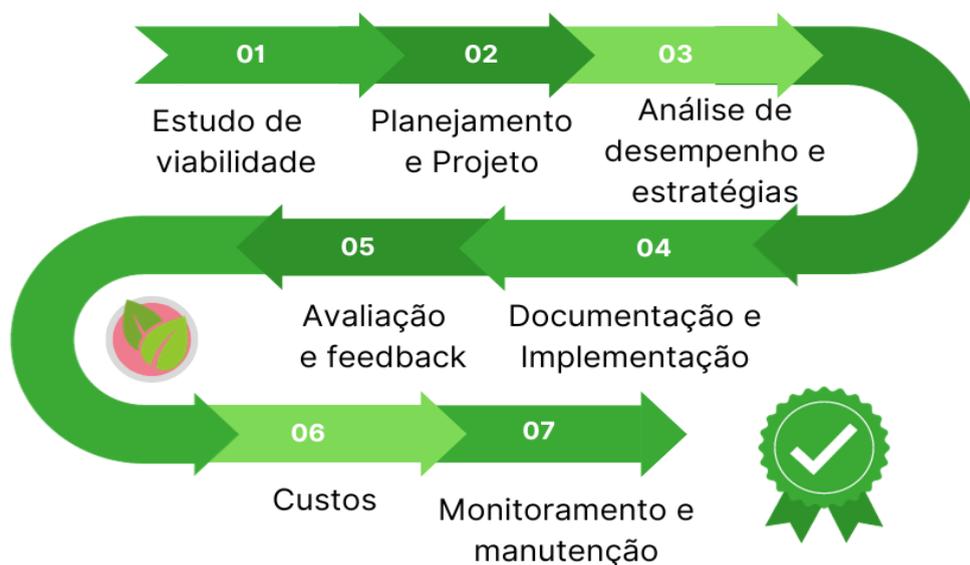
Na categoria de prioridade regional podem ser obtidos até quatro pontos, quando o projeto atende a critérios estabelecidos como itens de importância regional para a localidade do empreendimento, para identificar esses critérios é indispensável a contratação de um profissional habilitado (GBCB,2020).

4.5 CERTIFICAÇÃO LEED

Neste trabalho, exploraremos detalhadamente o fluxograma (Figura 9) que guiará para a obtenção da cobiçada certificação LEED. Traremos à luz as etapas cruciais, os requisitos essenciais e as melhores práticas que devem ser seguidas para alcançar o reconhecimento de edificações verdadeiramente sustentáveis e ambientalmente responsáveis, contribuindo, assim, para um futuro mais verde e consciente (CORREIA, LAMBERTS e OSELEIRO, 2020).

Figura 9 - Fluxograma do processo da certificação

Fluxograma do Processo



Fonte: A autora, 2023;

4.5.1 Estudo de viabilidade

O processo de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é uma abordagem estruturada para avaliar e reconhecer a sustentabilidade de edifícios. Inicialmente, a caracterização detalhada do local de estudos é crucial, pois, conforme Kibert *et al.* (2016), o contexto ambiental, geográfico e a análise do levantamento de custos influencia diretamente nas estratégias sustentáveis aplicáveis. A identificação das partes do projeto que podem impactar a certificação LEED, desde o projeto arquitetônico até os sistemas de energia e água, é fundamental para garantir uma abordagem abrangente.

4.5.2 Planejamento Sustentável e Projeto integrado

O planejamento sustentável, conforme Chiras (2018), deve abordar diversas categorias de créditos LEED, como localização, eficiência hídrica, eficiência energética, qualidade do ambiente interno e inovação. A integração desses elementos em um plano coeso é essencial para atingir os requisitos da certificação.

No estágio de projeto integrado, a colaboração entre os membros da equipe é importante segundo Heerwagen e Loveland (2014), pois a interdisciplinaridade desde as fases iniciais garante que as estratégias sustentáveis sejam incorporadas de maneira eficaz.

4.5.3 Análise de desempenho e Seleção de estratégias sustentáveis

A análise de desempenho, apoiada por simulações, de acordo com Crawley et al. (2008), é crucial para avaliar o impacto das estratégias adotadas, identificando áreas que demandam melhorias.

A seleção de estratégias sustentáveis deve ser embasada em critérios específicos de cada categoria LEED. Segundo Howard et al. (2015) ressaltam a importância de estratégias como sistemas de energia renovável, redução de consumo de água, materiais sustentáveis e qualidade do ambiente interno para obter uma certificação bem-sucedida.

4.5.4 Documentação e Implementação

A documentação detalhada, segundo Kibert *et al.* (2016), é essencial para comprovar a implementação das estratégias sustentáveis. Ela inclui projetos arquitetônicos, planos de engenharia e especificações, garantindo uma base sólida para a análise do *Green Building Certification Institute* (GBCI).

4.5.5 Avaliação e Feedback

Após submeter a documentação ao GBCI, o feedback recebido é vital para aprimorar o projeto. De acordo com Schendler (2018) destacam a importância desse diálogo para aprimorar continuamente as práticas sustentáveis. Após a avaliação bem-sucedida, recebe a certificação LEED no nível correspondente aos pontos obtidos.

4.5.6 Custos

Os custos associados à certificação LEED, segundo Chiras (2018), são um investimento que se traduz em reconhecimento e benefícios a longo prazo. O monitoramento pós-ocupação, conforme Cole (2017), assegura que o edifício continue a operar de forma sustentável ao longo do tempo, promovendo a durabilidade e eficiência do empreendimento.

4.5.7 Monitoramento e manutenção

Implementar um plano de monitoramento pós-ocupação para garantir que o edifício continue a operar de forma sustentável e eficiente ao longo do tempo (GBCB,2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de caso aplicado para a obtenção da certificação LEED BD+C em um empreendimento residencial em Caxias do Sul revelou uma análise abrangente das práticas sustentáveis adotadas. A investigação buscou identificar critérios fundamentais para a certificação LEED, destacando estratégias projetuais específicas para maximizar a pontuação na avaliação, alinhando-se ao foco na eficiência energética e sustentabilidade. A análise é realizada em comparação à norma brasileira NBR 15575 - Edificações habitacionais, dando a devida atenção à sua relação com as normativas nacionais.

Durante a análise dos dados, foram observadas variações nos custos de construção sustentável, evidenciando acréscimos entre 0,5% e 20% em comparação com construções não certificadas. Esses custos adicionais, aliados à burocracia e à falta de clareza nos processos de certificação, emergiram como desafios significativos que podem desencorajar as construtoras a buscar certificações sustentáveis. Esta constatação ressalta a necessidade de simplificação e comunicação eficaz para promover a adoção generalizada de práticas sustentáveis na construção civil.

Os resultados obtidos enfatizam a importância da sustentabilidade na construção civil, não apenas do ponto de vista ambiental, mas também nos setores sociais e econômicos. Este trabalho contribui para a preservação do meio ambiente e para a promoção de uma boa qualidade de vida para as futuras gerações (BRUNDTLAND, 1998)

As vantagens e desvantagens relacionadas aos critérios de sustentabilidade exigidos para a certificação LEED foram minuciosamente apresentadas, considerando as dimensões econômica, social e ambiental. A análise posterior explorará o impacto desses critérios na eficiência energética, no consumo de água, na qualidade do ar interno, na seleção de materiais e na saúde e bem-estar dos ocupantes, realçando os benefícios tangíveis que a certificação LEED pode proporcionar aos moradores do empreendimento (ALBISSON *et al.*, 2020).

A avaliação detalhada dos itens da certificação LEED BD+C em relação ao empreendimento em estudo, seguindo as diretrizes do USGBC (2021), identifica requisitos já atendidos e aqueles que demandam ajustes para alcançar os padrões da certificação. Esta análise aprofundada abrange sistemas de energia, eficiência hídrica, qualidade do ambiente interno, escolha de materiais sustentáveis e inovação, oferecendo uma visão holística do desempenho do empreendimento em relação aos critérios estabelecidos pela certificação LEED (USGBC, 2021).

Vale destacar que o empreendimento, além de sua localização privilegiada, foi projetado com foco no bem-estar dos usuários. O jardim arborizado, espaçoso e cuidadosamente concebido, prioriza o conforto, enquanto a arquitetura moderna destaca-se pela presença de luz natural e ventilação. Elementos como a loja de conveniência, vidros com proteção UV, bicicletário, reuso da água da chuva e placas fotovoltaicas evidenciam o comprometimento com práticas sustentáveis, não apenas para atender aos requisitos da certificação, mas para criar um ambiente residencial que promova qualidade de vida e responsabilidade ambiental.

Esses resultados e discussões fornecem uma base sólida para compreender não apenas a importância da certificação LEED, mas também a necessidade de abordagens sustentáveis

na construção civil moderna. Eles contribuem para a conscientização e implementação de estratégias que equilibram eficiência, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental, atendendo não apenas às expectativas dos usuários, mas também abraçando o papel crucial do setor na abordagem dos desafios ambientais contemporâneos.

5.1 OBTENÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED

Apresentadas posteriormente nas tabelas check-list adaptadas do LEED, juntamente com a análise qualitativa, há uma avaliação abrangente do desempenho do projeto em relação aos padrões estabelecidos pelo LEED e às práticas sustentáveis incorporadas. Essa abordagem oferece uma visão detalhada do grau de conformidade e das áreas que foram aprimoradas para atingir os objetivos de sustentabilidade estabelecidos (GBCB, 2021; ALBINSSON *et al*, 2020).

O sistema de certificação ambiental LEED baseia-se em atingir quatro pilares essenciais: uso de sistemas inteligentes, estudo para utilização de placas solares, utilização de lâmpadas de LED de última geração e política de boa preparação dos projetos (GBCB, 2021). Nesse contexto, para concepção de projetos de edificações sustentáveis há uma série de critérios de sustentabilidade que foram analisados.

5.1.1 Processo Integrado

Nesta etapa foram analisados os sistemas de energia, envoltória, condições do terreno, uso de sistemas de água e ao documentar essa análise conseguiu-se tomar decisões para o projeto. A tabela a seguir é referente ao item de processo integrado, que aborda uma análise comparativa do empreendimento e do critério de sustentabilidade.

Tabela 2 - Processo Integrado

S	P	N			
x			Crédito	Processo Integrado	1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

No âmbito do critério de Processo Integrado, a elaboração do projeto envolveu estudos preliminares abrangentes e a formulação de planos de execução. Isso inclui considerações sobre a localização do empreendimento, análise detalhada do bairro, implementação de placas fotovoltaicas para áreas comuns, reuso da água da chuva, criação de jardins arborizados, e um estudo de viabilidade pormenorizado, entre outras estratégias sustentáveis.

Essas ações foram implementadas como parte integrante do compromisso com a sustentabilidade durante a fase de planejamento e elaboração do projeto, demonstrando um enfoque holístico no processo integrado para atender aos requisitos de certificação e contribuir para a eficiência e responsabilidade ambiental do empreendimento.

5.1.2 Localização e transporte

Este trecho aborda detalhes fundamentais relacionados à localização do projeto e suas interações com o entorno, destacando-se também o acesso ao transporte, conforme apresentado na Tabela 3 e na análise subsequente.

Tabela 3 - Localização e transporte

Localização e Transporte				16	
	x		Crédito	Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	16
x			Crédito	Proteção de Áreas Sensíveis	1
x			Crédito	Local de Alta Prioridade	2
x			Crédito	Densidade do Entorno e Usos Diversos	5
x			Crédito	Acesso a Transporte de Qualidade	5
x			Crédito	Instalações para Bicicletas	1
x			Crédito	Redução da Área de Projeção do Estacionamento	1
	x		Crédito	Veículos Verdes	1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

Ao examinar a localização do projeto, ressalta-se sua posição estratégica em uma área previamente desenvolvida, integrada a um bairro completo. A proximidade do empreendimento a uma rodovia movimentada e a presença de diversas linhas de ônibus não apenas facilitam o acesso, mas também se alinham ao critério LEED de Localização e Transporte. A inclusão de um bicicletário evidencia ainda mais o compromisso com a promoção de meios de transporte sustentáveis, contribuindo para a redução das emissões de carbono.

Durante a fase de construção, foram adotadas estratégias que incentivam os trabalhadores a utilizarem transporte coletivo para deslocar-se até o canteiro de obras. Além disso, a contratação de uma empresa terceirizada minimizou o uso de veículos individuais, refletindo uma abordagem consciente em relação à mobilidade.

Quanto às vagas de garagem, a projeção de duas vagas por apartamento segue as normas municipais, demonstrando preocupação com o planejamento urbano e a mobilidade. Para aprimorar ainda mais a sustentabilidade, sugere-se a implementação de incentivos para a redução do uso de veículos particulares, como a promoção do compartilhamento de carros entre os moradores e a criação de programas que incentivem o uso do transporte público. Essas iniciativas visam a contribuir para uma abordagem mais holística e sustentável do transporte no contexto do empreendimento.

5.1.3 Terrenos Sustentáveis

A tabela abaixo oferece uma análise comparativa do empreendimento em relação ao critério de sustentabilidade Terrenos sustentáveis sendo previsto a redução da poluição em

fase de obra, minimizando a erosão do solo, sedimentação do curso d'água e partículas em suspensão no ar.

Tabela 4 - Terrenos Sustentáveis

			Terrenos Sustentáveis		10
x			Pré-req	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Obrigatório
	x		Crédito	Avaliação do Terreno	1
	x		Crédito	Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	2
x			Crédito	Espaço Aberto	1
x			Crédito	Gestão de Águas Pluviais	3
x			Crédito	Redução de Ilhas de Calor	2
	x		Crédito	Redução da Poluição Luminosa	1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

A escolha de uma localização em um terreno não ambientalmente sensível é um passo significativo, assegurando que o projeto minimize seu impacto sobre ecossistemas delicados. A alocação de mais de 30% da área total do terreno para espaços externos, com vegetação, lazer e usos diversos, vai ao encontro do critério LEED de Espaços Sustentáveis, promovendo não apenas a conectividade com a natureza, mas também criando ambientes propícios à qualidade de vida dos ocupantes.

Além disso, a proximidade do empreendimento a uma pracinha de brinquedos não só valoriza o entorno como também incentiva o uso de espaços públicos, fomentando a integração com a comunidade local. No entanto, para aprimorar ainda mais a qualidade desses espaços, considerou-se a incorporação de elementos de sombreamento e mobiliário urbano sustentável, fortalecendo a estética e funcionalidade dessas áreas.

5.1.4 Eficiência Hídrica

A análise comparativa do empreendimento em relação ao critério de sustentabilidade Eficiência Hídrica é apresentada a seguir.

Tabela 5- Eficiência hídrica

			Eficiência Hídrica		11
x			Pré-req	Redução do Uso de Água do Exterior	Obrigatório
x			Pré-req	Redução do Uso de Água do Interior	Obrigatório
x			Pré-req	Medição de Água do Edifício	Obrigatório
x			Crédito	Redução do Uso de Água do Exterior	2
x			Crédito	Redução do Uso de Água do Interior	6
		x	Crédito	Uso de Água de Torre de Resfriamento	2
	x		Crédito	Medição de Água	1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

O projeto, já eficiente em sua abordagem ao uso da água, prevê o uso de espécies vegetais que dispensam irrigação permanente, além de um sistema de captação e reuso da água das chuvas por meio de uma cisterna. Para elevar essa eficiência, sugere-se a implementação de um sistema inteligente de irrigação, utilizando tecnologias que ajustam automaticamente os horários e volumes de irrigação com base nas condições climáticas locais, promovendo uma gestão hídrica mais eficaz e economia de recursos.

O empreendimento demonstra um compromisso destacado com a eficiência hídrica, visando otimizar o consumo de água de maneira sustentável e econômica. A instalação de hidrômetros individuais para cada apartamento e áreas comuns é uma prática crucial, permitindo uma medição precisa do consumo e incentivando a conscientização dos ocupantes sobre seu uso pessoal. A subdivisão do sistema de medição em dispositivos internos e irrigação proporciona uma visão abrangente do consumo, permitindo a identificação de oportunidades para melhorias e economia de água.

Para elevar ainda mais a eficiência, sugeriu-se explorar tecnologias avançadas, como sensores de umidade no solo para o sistema de irrigação, permitindo um uso mais inteligente da água de acordo com as necessidades reais das plantas. Quanto às vagas de piso permeável, gramado na frente do prédio e terraço arborizado, essas iniciativas vão ao encontro dos critérios LEED, promovendo a absorção de água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e criando ambientes verdes que contribuem para a qualidade do espaço urbano.

Entretanto, para uma otimização completa, a implementação de sistemas de irrigação inteligente, alimentados por água da chuva, pode garantir um uso eficiente e econômico da água para a manutenção dessas áreas verdes. Os aparelhos hidráulicos, equipados com temporizadores, redutores de vazão e a tecnologia de duo flux, demonstram um cuidado com a gestão eficiente da água.

No entanto, a exploração de tecnologias ainda mais avançadas, como o uso de torneiras automáticas com sensores de presença, proporciona economia adicional ao evitar o desperdício causado por esquecimento ou descuido. Para atender integralmente aos critérios LEED, é incorporado um sistema de captação e reuso da água da chuva para uso interno, como limpeza de áreas comuns.

Além disso, a instalação de medidores adicionais para monitoramento específico das áreas comuns e de cada morador pode aprimorar ainda mais o controle e a gestão do consumo de água. Entretanto, para alcançar a certificação LEED, recomenda-se a incorporação de tecnologias mais avançadas, como sistemas de reuso de água cinza, visando uma gestão ainda mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos.

5.1.5 Energia e Atmosfera

Aqui, examinamos detalhadamente as características do projeto em comparação com os requisitos de energia e atmosfera, fornecendo uma visão abrangente das correspondências e áreas que podem necessitar de ajustes.

Tabela 6 - Energia e Atmosfera

			Energia e Atmosfera	33	
x			Pré-req	Comissionamento Fundamental e Verificação	Obrigatório
x			Pré-req	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório
x			Pré-req	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório
	x		Pré-req	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório
	x		Crédito	Comissionamento Avançado	6
	x		Crédito	Otimizar Desempenho Energético	18
	x		Crédito	Medição de Energia Avançada	1
	x		Crédito	Resposta à Demanda	2
	x		Crédito	Produção de Energia Renovável	3
		x	Crédito	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1
	x		Crédito	Energia Verde e Compensação de Carbono	2

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

No que tange à eficiência energética, a instalação de placas fotovoltaicas representa um avanço significativo, em relação à pintura planejada na cobertura, será usado de tintas refletivas ou de cor clara, contribuindo para a reflexão da luz solar e redução do ganho de calor. A decisão estratégica de alojar vagas disponíveis em subsolos ou abaixo do edifício contribuirá para mitigar os efeitos da ilha de calor urbano.

Na iluminação externa, a adoção dos requisitos LEED é um passo positivo, a implementação de tecnologias de iluminação eficientes, como LEDs, aliada a sensores de presença e temporizadores, garantindo uma gestão otimizada, minimizando a poluição luminosa e reduzindo o consumo energético.

No âmbito do critério de Energia e Atmosfera, o projeto em análise apresenta avanços significativos, incorporando práticas que atendem alguns requisitos LEED, enquanto ainda há oportunidades de aprimoramento. A medição individualizada dos sistemas de iluminação, força e climatização representa um passo crucial para a gestão eficiente do consumo de energia, possibilitando a identificação de áreas de melhoria e estimulando a conscientização dos ocupantes sobre o uso responsável de recursos.

No entanto, a utilização de equipamentos de climatização que empregam o gás R22 representa uma lacuna em relação aos padrões LEED, devido aos potenciais impactos ambientais desse tipo de refrigerante. Recomendou-se a avaliação da viabilidade de substituição desses equipamentos por modelos que utilizam refrigerantes mais ecológicos e eficientes, alinhando-se aos requisitos LEED e contribuindo para a redução da pegada de carbono do empreendimento.

É positivo observar que o projeto contempla a contratação de energia proveniente de fontes renováveis, pois a fornecedora de energia da região é uma hidroelétrica. A automação das luzes, adaptadas à intensidade de acordo com as condições climáticas e tarefas executadas, e a instalação de sensores de presença nas áreas comuns são estratégias que promovem a eficiência energética. Para aprimorar ainda mais esse aspecto, a implementação

de um sistema centralizado de automação, monitoramento e controle pode oferecer ganhos adicionais, permitindo ajustes dinâmicos com base na ocupação e na luminosidade ambiente.

A projeção de aplicação de películas nos vidros para auxiliar na radiação solar é uma abordagem positiva, no entanto, sugeriu-se a consideração de tecnologias avançadas, como vidros inteligentes, que automaticamente ajusta a transparência em resposta às condições de luz externas, contribuindo para o controle térmico e a eficiência energética.

A não conformidade com o requisito de utilizar gás ecológico nos sistemas é uma oportunidade de melhoria. A avaliação de alternativas de refrigerantes mais sustentáveis, em conformidade com os padrões LEED, pode garantir a conformidade com os critérios,

Por fim, a instalação de painéis de placas fotovoltaicas para uso na iluminação das áreas comuns é uma iniciativa positiva que pode ser expandida para incluir outras demandas energéticas do edifício.

5.1.6 Materiais e Recursos

Na categoria de materiais e recursos há foco na redução de energia e outros impactos ambientais relacionados com o ciclo de vida dos materiais da construção (USGBC, 2013). Cada um dos critérios estabelecidos visa ações que abrangem, além da produção e uso de materiais com reduzido impacto ambiental, a destinação dos resíduos gerados pela construção.

Tabela 7- Materiais e recursos

			Materiais e Recursos		13
x			Pré-req	Armazenamento e Coleta de recicláveis	Obrigatório
x			Pré-req	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório
	x		Crédito	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5
		x	Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de Produto	2
	x		Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Origem de Matérias-primas	2
	x		Crédito	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material	2
x			Crédito	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

No que concerne ao critério de Materiais e Recursos, o empreendimento demonstra um comprometimento louvável com práticas sustentáveis, embora ainda haja oportunidades para aprimoramentos e conformidade total com os requisitos da certificação LEED. A alocação de uma área dedicada para a central de resíduos atende ao requisito essencial,

facilitando a segregação adequada dos resíduos e promovendo a reciclagem eficaz. No entanto, foi sugerida uma avaliação contínua para garantir que essa área seja otimizada e eficiente ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

A dificuldade em obter informações detalhadas dos fabricantes é reconhecida como um desafio, e busca por parcerias mais estreitas com fornecedores que estejam alinhados com os princípios da sustentabilidade, compartilhando informações sobre o ciclo de vida e a procedência dos materiais.

A prática de coleta seletiva de resíduos, tanto recicláveis quanto não recicláveis, é positiva, promovendo a gestão responsável dos resíduos gerados durante a ocupação do empreendimento. A fase de obras, que já incorpora reciclagem, reuso e destinação correta dos resíduos, esse processo é formalizado e documentado, possibilitando uma auditoria mais eficiente, evidenciando um compromisso com a responsabilidade ambiental.

A preferência por materiais de ferro para minimizar desperdícios, como as escoras de ferro, é uma prática sensata. Contudo, para otimizar ainda mais a eficiência no uso de recursos, recomendou-se explorar estratégias de design que reduzissem a quantidade total de materiais necessários, promovendo uma abordagem mais enxuta e eficaz.

A escolha frequente de fornecedores locais é positiva, alinhando-se ao critério LEED de Redução do Impacto no Transporte. Continuar a priorizar fornecedores locais sempre que possível contribuirá para a redução da pegada de carbono associada ao transporte de materiais. Além disso, a ênfase em utilizar madeira de reflorestamento é uma prática sustentável importante, colaborando para a conservação de ecossistemas naturais e promovendo uma abordagem mais ecologicamente equilibrada.

Para aprimorar ainda mais a conformidade com os critérios LEED, sugeriu-se a implementação de uma política formal de compras sustentáveis, estabelecendo critérios específicos para a seleção de materiais com base em suas características ambientais.

5.1.7 Qualidade do Ambiente Interno

Na categoria de qualidade do ambiente interno os critérios abordam as decisões de projeto a qualidade do ar interno, conforto térmico, visual e acústico. (USGBC, 2013). Conforme apresentado a comparação na tabela 8.

Tabela 8 - Qualidade do Ambiente Interno

			Qualidade do Ambiente Interno		16
x			Pré-req	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Obrigatório
x			Pré-req	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Obrigatório
	x		Crédito	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior	2
	x		Crédito	Materiais de Baixa Emissão	3

x			Crédito	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção		1
	x		Crédito	Avaliação da Qualidade do Ar Interior		2
	x		Crédito	Conforto Térmico		1
	x		Crédito	Iluminação Interna		2
x			Crédito	Luz Natural		3
x			Crédito	Vistas de Qualidade		1
x			Crédito	Desempenho Acústico		1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

No que se refere ao critério de Qualidade do Ambiente Interno, o projeto em análise apresenta um sólido alinhamento com as normas brasileiras, especialmente a NBR 15575, evidenciando uma abordagem cuidadosa para garantir a qualidade do ambiente interno. A proibição do fumo em áreas internas é uma prática positiva que contribui para a promoção da saúde e bem-estar dos ocupantes.

Para atender ao crédito relacionado à emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), é sugerida a realização de ajustes nas especificações do projeto para incluir materiais de baixa emissão. A consideração de alternativas sustentáveis, como tintas e revestimentos de baixo VOC, contribuirá significativamente para a qualidade do ar interno, minimizando a exposição a substâncias prejudiciais.

A indicação de lâmpadas LED em toda a área comum é uma prática positiva que não apenas contribui para a eficiência energética, mas também atende aos requisitos LEED de qualidade de iluminação. No entanto, é recomendável explorar ainda mais estratégias de iluminação natural e sistemas de controle de iluminação inteligentes para otimizar o aproveitamento da luz natural e reduzir o consumo de energia.

A consideração dada à divisão e ao aproveitamento para proporcionar uma boa vista é um aspecto fundamental para o conforto dos ocupantes e pode contribuir para atender aos critérios de Qualidade do Ambiente Interno. No entanto, ajustes adicionais podem ser necessários para garantir que as práticas adotadas estejam totalmente alinhadas com os requisitos específicos do LEED v4.

Quanto aos níveis de ruído e desempenho acústico das janelas externas, sugere-se a realização de adaptações no projeto para atender aos requisitos rigorosos do LEED. A incorporação de vidros laminados, cortinas acústicas ou outros dispositivos de controle de ruído pode ser explorada para garantir um ambiente interno mais tranquilo e saudável.

No que se refere à dificuldade de encontrar produtos e materiais com certificação, é uma preocupação válida e comum no contexto da construção sustentável.

5.1.8 Inovação

Na categoria de inovação a obtenção de pontos para o projeto obteve-se a partir do desempenho excepcional ou inovador nas categorias anteriormente apresentadas e na contratação de um profissional habilitado. Conforme tabela 9.

Tabela 9 - Inovação

			Inovação			6
x			Crédito	Inovação		5
	x		Crédito	Profissional Acreditado LEED		1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

O critério de Inovação e Prioridade Regional apresenta oportunidades significativas para valorizar ainda mais o projeto, destacando características específicas que não apenas contribuem para a sustentabilidade, mas também atendem às necessidades regionais e às inovações do setor da construção.

O atual emprego de pisos aquecidos nos banheiros representa uma inovação que contribui para o conforto térmico dos ocupantes. Essa prática pode ser destacada como uma solução moderna e eficiente, ressaltando a busca por alternativas sustentáveis para o aquecimento de ambientes.

As janelas amplas e a posição solar estrategicamente planejada, com todos os apartamentos voltados para norte, leste e oeste, são características que não apenas maximizam a entrada de luz natural, reduzindo a dependência de iluminação artificial, mas também otimizam o aproveitamento da energia solar para o aquecimento passivo. Essa estratégia pode ser realçada como uma prática inovadora que valoriza a eficiência energética e o bem-estar dos ocupantes.

5.1.9 Prioridade Regional

O critério prioridade regional é obtido quando o projeto atende os itens de importância regional para a localização do empreendimento.

Tabela 10- Prioridade regional

S	P	N	Prioridade Regional			4
	x		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
	x		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
	x		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
	x		Crédito	Prioridade Regional: Crédito Específico		1

Fonte: Adaptado da GBCB, 2021;

Contudo, no que se refere à Prioridade Regional, é essencial reconhecer a necessidade de consultar um profissional habilitado para avaliar as práticas e características específicas do projeto em relação às demandas e características locais. A contratação de um especialista

regional pode fornecer insights valiosos para a adaptação e otimização do projeto em consonância com as prioridades específicas da região.

Além disso, a análise detalhada das características anteriores, como a proibição do fumo em áreas internas, o controle de emissões de COVs, a iluminação eficiente com lâmpadas LED, a gestão eficaz de resíduos, a utilização de materiais sustentáveis e a ênfase em fornecedores locais, pode ser integrada ao escopo do critério de Inovação e Prioridade Regional. Essas práticas, quando contextualizadas regionalmente, ressaltam o comprometimento do empreendimento com práticas construtivas sustentáveis e alinhadas às características específicas da região.

A dificuldade em encontrar produtos e materiais certificados é uma preocupação comum e reflete os desafios enfrentados na adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil. Sua observação ressalta a necessidade de simplificar e tornar mais acessível o processo de certificação, especialmente no contexto das normas brasileiras.

A sugestão de adequar o LEED às normas brasileiras é pertinente, considerando as particularidades e regulamentações específicas do país. A regionalização dos critérios pode não apenas simplificar o processo de certificação, mas também torná-lo mais relevante e adaptado à realidade local, incentivando mais empresas a adotarem práticas sustentáveis.

A preocupação com o custo associado à certificação é compreensível e destaca a importância de tornar o LEED mais acessível economicamente para as empresas, especialmente as de menor porte. A revisão das taxas e a busca por parcerias podem ser estratégias para reduzir os custos envolvidos, incentivando mais organizações a buscar a certificação.

A questão da disponibilidade de profissionais certificados também é um desafio válido, principalmente em regiões onde esses especialistas são escassos. Flexibilizar a exigência de ter um profissional certificado pode facilitar a participação de mais profissionais no processo de certificação, mas é importante garantir que ainda haja um conhecimento sólido sobre práticas sustentáveis na construção.

A clareza nos critérios é crucial, e a sugestão de tornar os requisitos mais compreensíveis e diretos é bem-vinda. Isso não apenas simplifica o processo para os profissionais envolvidos, mas também amplia a participação de diversos especialistas, promovendo a disseminação de práticas sustentáveis na indústria da construção civil.

Em resumo, suas observações destacam desafios importantes no processo de certificação LEED e sugerem oportunidades para aprimorar e tornar mais eficiente o sistema. A regionalização, a redução de custos, a flexibilização na exigência de profissionais certificados e a clareza nos critérios são áreas que merecem consideração para promover uma adoção mais ampla e efetiva de práticas sustentáveis na construção civil brasileira.

6 CONCLUSÃO

Na presente pesquisa, investigou minuciosamente as inovações e aplicabilidades da certificação LEED BD+C em um empreendimento residencial. Os resultados do estudo de caso destacaram não apenas a presença de critérios já implementados, mas também a identificação de potenciais mudanças para mitigar impactos ambientais, sociais e econômicos.

Os impactos positivos constatados extrapolam os limites do empreendimento, a redução de emissões de gases de efeito estufa, a diminuição da poluição ambiental e a preservação de recursos naturais reforçam a ideia de que a certificação LEED desempenha um papel significativo na promoção do bem-estar da sociedade e na preservação do meio ambiente (CHIRAS, 2018).

As soluções tecnológicas e inovações, essenciais para atender aos rigorosos critérios LEED, revelam-se como catalisadores para aumentar a performance do edifício, reduzir custos operacionais e promover o uso eficiente de recursos naturais. Elementos como a captação de água da chuva, a integração de energia fotovoltaica, o uso de materiais sustentáveis e a escolha de fornecedores locais emergem como pilares fundamentais nesse processo (CHIRAS, 2018).

Destaca-se, no entanto, que a colaboração de uma equipe qualificada é essencial para superar os desafios associados à implementação da certificação LEED. Arquitetos, engenheiros, consultores de sustentabilidade e especialistas em certificação LEED formam um grupo vital para garantir o sucesso do projeto e maximizar os benefícios ambientais e econômicos (HEERWAGEN E LOVELAND, 2014).

A certificação LEED, reconhecida internacionalmente como um selo de excelência em sustentabilidade, traz consigo uma série de vantagens notáveis para empreendimentos residenciais. Além da economia financeira a longo prazo, refletida na redução dos custos operacionais e nos benefícios fiscais, a valorização do imóvel é considerável. A certificação também promove uma significativa redução nos impactos ambientais, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, oferece ambientes internos saudáveis e eficientes, melhorando a qualidade de vida dos ocupantes (GBCB, 2021).

Entretanto, é fundamental reconhecer as desvantagens associadas à certificação LEED, os custos iniciais elevados, inerentes à implementação de tecnologias sustentáveis e à contratação de consultorias especializadas, podem representar um obstáculo para as construtoras. A resistência cultural e setorial, aliada à complexidade e burocracia do processo, podem desencorajar a adoção generalizada. Além disso, a falta de clareza nos critérios de certificação pode gerar incertezas, enquanto o acréscimo nos custos de construção pode desafiar a viabilidade financeira. Conscientizar o setor da construção civil sobre os benefícios a longo prazo, aprimorar a clareza nos critérios e buscar formas de reduzir os custos iniciais são passos cruciais para promover uma transição mais eficaz em direção à construção sustentável certificada pelo LEED no cenário brasileiro (MENDONÇA *et al.*, 2020).

O diálogo entre essas duas normativas, segundo Viegas (2020), tem a Certificação LEED, com sua abordagem abrangente, pode potencialmente colaborar para o alcance dos requisitos locais estabelecidos pela NBR 15575. Essa sinergia entre padrões internacionais e

normas nacionais é crucial para o desenvolvimento de edificações sustentáveis que atendam não apenas às exigências globais, mas também às necessidades específicas do mercado brasileiro.

Em síntese, a urgência em enfrentar as mudanças climáticas demanda ações integradas, onde as construções sustentáveis desempenham um papel crucial. Entretanto, a superação dos desafios existentes requer a adaptação da certificação LEED à realidade brasileira, tornando-a menos burocrática e mais eficaz para o setor da construção civil. O comprometimento com a responsabilidade ambiental e social, demonstrado pela obtenção da certificação LEED, não é apenas um reconhecimento de práticas sustentáveis, mas uma afirmação concreta de um compromisso com um futuro mais sustentável (VIEGAS, 2020).

O comparativo entre o LEED e a NBR 15575 ressalta a complementaridade dessas abordagens. Ambas as normativas convergem em aspectos essenciais, como eficiência energética, qualidade do ar interno, uso racional de água, documentação técnica e durabilidade das construções. Enquanto o LEED oferece uma perspectiva internacional, a NBR 15575 fornece diretrizes adaptadas à realidade nacional, abrangendo desde o conforto térmico até a segurança estrutural (MENDONÇA *et al.*, 2020).

Diante da análise aprofundada das inovações e aplicabilidades da certificação LEED BD+C em empreendimentos residenciais, aliada à interseção identificada com a norma NBR 15575, torna-se evidente que ambas desempenham papéis cruciais na promoção da sustentabilidade no setor da construção brasileira. A Certificação LEED destaca-se como uma ferramenta dinâmica, adaptável e internacionalmente reconhecida, capaz não apenas de impulsionar a eficiência ambiental, social e econômica de empreendimentos, mas também de se alinhar e potencialmente colaborar com as diretrizes específicas da NBR 15575.

Os impactos positivos constatados, como a redução de emissões de gases de efeito estufa, a preservação de recursos naturais e a promoção de ambientes internos saudáveis, posicionam a Certificação LEED como um catalisador para mudanças significativas no cenário da construção sustentável no Brasil. Contudo, é vital reconhecer que a convergência dessas normativas enfrenta desafios, como os custos iniciais elevados e a resistência cultural, que podem impactar a adoção generalizada (ALMEIDA *et al.*, 2018).

A complementaridade entre o LEED e a NBR 15575, destacada no comparativo, ressalta a importância de integrar padrões internacionais com diretrizes nacionais, garantindo que os empreendimentos atendam não apenas aos requisitos globais, mas também às demandas específicas do mercado brasileiro. A sinergia entre essas abordagens é essencial para criar edificações sustentáveis que sejam eficazes, economicamente viáveis e culturalmente aceitas.

Em conclusão, a Certificação LEED e a norma NBR 15575 representam ferramentas valiosas para impulsionar a construção sustentável no Brasil. O compromisso com a responsabilidade ambiental e social, evidenciado pela obtenção da certificação LEED, não apenas valida práticas sustentáveis, mas também reafirma a necessidade de um compromisso coletivo com um futuro mais sustentável no setor da construção civil brasileira. A busca contínua pela adaptação e aprimoramento dessas normativas é essencial para superar desafios e garantir que a construção sustentável seja uma realidade acessível e efetiva em território nacional.

Considerando trabalhos futuros, recomendamos uma análise comparativa da viabilidade financeira entre empreendimentos certificados LEED e não certificados, mas que incorporam práticas sustentáveis. Além disso, uma abordagem mais aprofundada sobre como a adoção da sustentabilidade impacta o orçamento final de construções a curto e longo prazo seria vantajosa. Esses estudos podem oferecer insights valiosos para aprimorar ainda mais a eficácia e a aceitação generalizada da certificação LEED no contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho - parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013. Atualizada em 2021.

ADAMS, C. A., POTTER, B., & SINGH, P. J. (2020). **The integration of corporate social responsibility and sustainability in practice: Exploring attitudes and challenges in adopting the Triple Bottom Line approach**. *Business Strategy and the Environment*, 29(4), 1571-1588.

AFONSO, R., SCHLÄPFER, M., & SHULTZ C. (2019). **Cultural diversity and Alberto Figueiredo Filho**. "Norma de Desempenho NBR 15575: Comentada.", 2018.

ALBINSSON, C., *et al.* (2020). **Environmental Performance of LEED-certified Buildings: A Case Study of the Swedish Green Building Council**. *Sustainability*, 12(7), 2902.

ALBINSSON, E., *et al.*, (2020). **Evaluating the environmental performance of LEED-certified buildings: A case study of Sweden's first LEED platinum building**. *Building and Environment*, 106773.

ALFONSIN, B. (2001) **O Estatuto da Cidade e a Construção de Cidades Sustentáveis, justas e democráticas**. *Direito e Democracia*. Vol, 2, p 309-317, Canoas/ RS, 2001.

ALMEIDA ET AL (2018) **"Minimização de Patologias e Defeitos Prematuros em Edifícios com Base na NBR 15575."**Lisboa: Editora Persona, 1977. 225 p.

ALVES-MAZZOTTI, A. J., & GEWANDSZNAJDER, F. (2018). **"O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa."** Editora Pioneira.

ALVES-MAZZOTTI, A. J., & GEWANDSZNAJDER, F. (2018). **O Método Quali-Quantitativo na Pesquisa Educacional**. Editora Atlas.

AMARAL, A. (2013). **Building Sustainability Assessment Methods: An Overview. Environmental Impact Assessment Review**, 38, 1-15.

AMARAL, A. A. (2013). **Proposta de uso do sistema LEED no Brasil. Gestão & Produção**, 20(2), 411-427.

AMSTERDAN, C. (2022). **Sustentabilidade: qual é a sua importância?**. Disponível em: < <https://pernambuco noticias.com.br/sustentabilidade-qual-e-a-sua-importancia/> > . Acesso em 22 de junho de 2023.

ARAÚJO, M. A. (2016) **A moderna construção sustentável**. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em : < Microsoft Word - A moderna construção sustentável.doc (voltimum.com.br) > . Acesso em 24 de junho de 2023.

ARAÚJO, A. G.; CARNEIRO, A. M. P.; PALHA, R. P. (2020) **Sustainable construction management: A systematic review of the literature with meta-analysis**. Journal of Cleaner Production, [s.l.], v. 256, 2020.

BLENGINI, G. (2009) **Sustainable construction: resource saving measures in construction**. International Journal of Sustainable Development and Planning, v. 4, n. 3, p. 245-255, 2009.

BRASIL. **Lei n. 10257 de 10 de Julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Brasília, 2001.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de lei n. 252/ 2014. Altera a Lei 10257 de 10 de julho de 2001, para instituir a adoção de práticas de construção sustentável na política urbana**. Disponível em: < <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/118455>> Acessado em 26 de junho de 2023.

BRAUNGART, M., & MCDONOUGH, W. (2002). **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**. North Point Press.

BRUNDTLAND (1998). **Relatório Brundtland (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento)**. Disponível em: < <https://www.three.eng.br/nosso-futuro-comum-our-common-future-relatorio-brundtland/>>. Acessado em 20 de junho de 2023.

BUSSCONSTRUÇÃO, 2023. **A importância da sustentabilidade na construção civil**. Disponível em : < <https://www.seconci-rio.com.br/a-importancia-da-sustentabilidade-na-construcao-civil/> > . Acessado em 03 de junho de 2023

CARNEIRO, A., & DIAS, G. (2012). **Desempenho e Sustentabilidade na Construção Civil Brasileira: Uma Análise Crítica da Norma de Desempenho (NBR 15575)**. In Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP).

CARVALHO, A. B. (2020). **Metodologia da Pesquisa Aplicada: Abordagens e Práticas**. Editora Moderna.vol. 1, n. 1, pp. 127-129, Brasília, abril, 2020.

CARVALHO, A. R., & LIMA, J. M. (2019). **Segurança estrutural em edificações residenciais: a contribuição da NBR 15575**. Brasília, abril. Editora Atlas.

CARVALHO, D. M., & LIMA, M. A. G. (2020). **Performance evaluation of residential buildings in Brazil using NBR 15575: A case study.** *Sustainability*, 11(24), 7022. Editora Atlas.

CBIC - CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Impacto Ambiental da Indústria da Construção.** Brasília: CBIC, 2022,2015.

CHEN H., HONG, J., LI, W., & LI, X. (2020). **Analysis of ecological effects of sustainable construction materials on the environment.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 431(1), 012033.

CHEN, S., LEE, G., & SHEN, L. (2019). **Green building certification (LEED) and cost of capital.** *Journal of Sustainable Real Estate*, 11(1), 97-117.

CHEN, W., LU, W., SHEN, L., & WU, Y. (2019). **Developing the Sustainable Assessment System for Green Building in the Construction Industry.** *Journal of Green Building*, 14(4), 69-85.

CHEN, Y., *et al.* (2019). **Critical evaluation of LEED criteria and credit weighting: A Chinese perspective.** *Journal of Cleaner Production*, 239, 118048.

CHIRAS, D. (2018). **"Green Building & Remodeling For Dummies."** John Wiley & Sons.

COLE, R. J., et al (2017). **A review of LEED certification and energy savings in US non-residential buildings.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1103-1113.

COLE, R. J. (2017). **Comparative Analysis of Building Certification Systems for Sustainability in Brazil: LEED and AQUA.** *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 10(4), 276-285.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902>. Acesso em 27 de maio de 2023.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS).(2007) Disponível em: <http://acv.cbcs.org.br/website/acvs/show.asp?ppgCode=B30ED9B5-DEC4-4DDD-BDE8-418D53C3EF20> >. Acesso em: 27 de maio de 2023

CORREIA, C., Lamberts, R., & Oseliero, T. (2020). **Environmental and Economic Analysis of LEED-Certified Buildings in Brazil.** *Energy and Buildings*, 214, 109879.

CORREIA, D. C. S., LAMBERTS, R., & OSELIERO, F. D. (2020). **Economic aspects of green building certifications in Brazil.** Building and Environment, 181, 107155.

CRAWLEY, D. B., et al. (2008). "EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program." Energy and Buildings.

CRESWELL, J. W. (2021). "Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches." Sage Publications.

CRESWELL, J. W. (2021). **Pesquisa Qualitativa e Projeto de Pesquisa.** Editora Penso.

CTE. Centro de Tecnologia de Edificação. **O que são construções sustentáveis?.** Disponível em < <https://cte.com.br/blog/sustentabilidade/o-que-sao-construcoes-sustentaveis/>> Acessado em 27 de maio de 2023.

CUBOUP. (2023) **Sustentabilidade: O que é, Tipos, Importância e Exemplos (cuboup.com).** Disponível em : < <https://cuboup.com/conteudo/sustentabilidade/>> Acessado em 15 de junho de 2023.

DERKOWSKI, W., KOZŁOWSKI, P., & WASIAK, J. (2020). **Green building concept and its evaluation.** A review of existing approaches. Energies, 13(15), 3909.

DÍAZ, S., SETTELE, J., BRONDÍZIO, E. S., NGO, H. T., GUÈZE, M., AGARD, J., ... GÓMEZ-BAGGETHUN, E. (2019). **Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change.** Science, 366(6471), eaax3100.

ELETRORBRAS. (2021). **Seja +, Consuma -: O Procel está lançando uma campanha de eficiência energética.** Disponível em: < <https://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS8CBF5FBCPTBRIE.htm>> . Acessado em 15 de junho de 2023.

ELKINGTON, J. (1998-1999). **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business.** New Society Publisher.

ELKINGTON, J. (2020). **Triple Bottom Line.** In *The Oxford Research Encyclopedia of Business and Management.* Oxford University Press.

EPSTEIN, M. J., & ROY, M.-J. (2003). **Making Sustainability Work: Best Practices in Managing and Measuring Corporate Social, Environmental and Economic Impacts.** Berrett-Koehler Publishers.

FERREIRA, A. L., et al. (2020). **Construção Sustentável e Certificação LEED: Estudo de Caso de um Edifício Comercial**. In Anais do Congresso Internacional de Arquitetura e Sustentabilidade.

FERREIRA, D., & NEVES, R. (2018). **AQUA Sustainable Construction in Brazil: An Analysis of Projects Registered in the First Years of Application**. Procedia Manufacturing, 21, 708-715

FERREIRA, E. M., & MELHADO, S. B. (2018). **Assessing the alignment between performance-based building regulations and sustainability assessment systems**. Sustainable Cities and Society, 39, 468-479.

FERREIRA, L., & BARBOSA, J. (2021). **Sustainability Assessment of Residential Buildings in Brazil: An Analysis of the Application of NBR 15575**. Sustainability, 13(14), 7633.

FIGUEIREDO, A. (2018). **Norma de Desempenho NBR 15575: Comentada**.

FROUFE, L. C. S.(2019) **Desenvolvimento sustentável: a construção de um conceito. Eixo Temático: Sustentabilidade, Desenvolvimento e Planejamento**. Ceará: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2019.

FUERST, F., GRABIELI, T., & MCALLISTER, P. (2017). **Assessing the Impact of the LEED Certification Scheme on Commercial Office Building Rentals**. Journal of Real Estate Finance and Economics, 55(2), 159-180.

GAMA, A., CALDAS, C., & LAMBERTS, R. (2021). **Evaluation of the Green Building Certification LEED in Brazil**. Energy and Buildings, 243, 110810.

GAMA, D. A., CALDAS, M. P., & LAMBERTS, R. (2021). **Sustainable building certification market in Brazil: LEED certification analysis**. Building and Environment, 107891.

GARG, V., & KAUSHIK, S. C. (2021). **Sustainable building design: A review of literature**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 145, 111057.

GBC Brasil.(2020) **O que são as certificações ambientais e qual a sua importância?**. Disponível em: <
<https://www.gbcbrasil.org.br/o-que-sao-as-certificacoes-ambientais-e-qual-a-sua-importancia/>
>. Acesso em: 20 mar. 2023.

GBCB. (2021). **Green Building Council Brasil**. Recuperado de <https://gbcbrasil.org.br/>

GBCI (2021). **LEED BD+C Rating System**. Disponível em < www.gbci.org> Acessado em 22 de junho de 2023.

GEISSDOERFER, M., SAVAGET, P., BOCKEN, N. M., & HULTINK, E. J. (2017). **The circular economy—a new sustainability paradigm?** *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.

GIL, A. C. (2010). **"Como elaborar projetos de pesquisa."** Editora Atlas.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBCB) (2018). **Certificação LEED**. Disponível em: <<https://www.cbgbrazil.org.br/>>. Acesso em: 22 de abril de 2023.

HAHN, T., FIGGE, F., PINKSE, J., & PREUSS, L. (2021). **Social issues in environmental, social, and governance ratings: Exploring the TBL dimensions and stakeholder preferences.** *Journal of Business Ethics*, 168(1), 1-17.

HART, D., YORIO, P., & ATTMANN, O. (2018). **Sustainable Construction and Building Performance**. John Wiley & Sons.

HART, R., YORIO, P. L., & ATTMANN, O. (2018). **Leadership in Energy and Environmental Design (LEED): A Tool for Promoting Sustainable Building.** In **Handbook of Environmental Materials Management** (pp. 1-22). Springer.

HART, S., YORIO, P. L., & ATTMAN, J. (2018). **Green Building Certification: An Analysis of LEED and BREEAM.** *Buildings*, 8(3), 33.

HAWKEN, P. (2017). **Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming.** Penguin Books.

HEERWAGEN, J., & LOVELAND, J. (2014). **"Biophilic design: The theory, science, and practice of bringing buildings to life."** John Wiley & Sons.

HOWARD, J., et al. (2015). **"The Owner's Dilemma: Driving Success and Innovation in the Design and Construction Industry."** John Wiley & Sons.

JONES, A., SMITH, B., & ROCHA, C. (2018). **Sustentabilidade na construção civil: Práticas e impactos ambientais.** *Revista de Engenharia e Meio Ambiente*, 10(2), 45-62.

KIBERT, C. J. (2020). **Sustainable construction: Green building design and delivery** (4th ed.). John Wiley & Sons.

KIBERT, C. J., et al. (2016). **"Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery."** John Wiley & Sons.

LAMBERTS et al., (2020) **NBR 15575-2021 - Desempenho térmico** | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/pt-br/NBR15575-2020>>. Acesso em: 01 dez. 2023.

LEE, J., & KIM, J. (2019). **A review of water management strategies for sustainable green buildings.** *Sustainability*, 11(9), 2656.

LEITE, C. O. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma análise conceitual.** In: Encontro Nacional de Economia do Meio Ambiente, 13., 2011, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2011.

LEITE, M. R. C. **Construções sustentáveis: uma abordagem conceitual.** *Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo*, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 47-55, 2011.

LI, N., ZHOU, X., & LI, D. (2019). **A review of the research on green building and its promotion in China.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109272.

LIMA JR., J. (2018). **Sustentabilidade em Edificações Residenciais: Uma Abordagem Conforme a NBR 15575.**

LIMA, J. A., SANTOS, V. C., DE ARAÚJO, L. F. N., & DANTAS, T. N. (2021). **Sustainability certification in Brazilian residential buildings: a comparative analysis of the Aqua and Casa Azul seals.** *International Journal of Development and Sustainability*, 10(6), 2856-2871.

LIU, L., WU, L., ZHANG, X., & NIU, D. (2019). **A review on the challenges and prospects of the sustainable building in the green city.** *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 357(1), 012035.

MARCONI, M. A., & LAKATOS, E. M. (2010). **"Metodologia do Trabalho Científico."** Editora Atlas.

MARQUES, M., MOREIRA, R., MARIANO, L., & SIMÕES-MOREIRA, J. (2022). **PROCEL: Conservation Program Analysis and Strategies for Energy Efficiency in Public Buildings.** In *Advanced Monitoring, Control and Management of Energy Systems* (pp. 331-356). Springer.

MARTINS, R., CARDOSO, C., LEAL, V., & SILVA, G. (2019). **Sustainable Building Certifications: Comparative Analysis Between LEED and AQUA Systems.** *Procedia Manufacturing*, 35, 1015-1020.

MARUJO, N., BRAGANÇA, L., & MATEUS, R. (2018). **AQUA Certification Method: Comparative Analysis with LEED Certification.** *MATEC Web of Conferences*, 168, 07001.

MELHADO, S. B., et al. (2019). **A critical analysis of performance-based building regulations in Brazil**. *Procedia Engineering*, 219, 218-227.

MENDONÇA, D., ALMEIDA, M. D., FREITAS, M., & FERREIRA, J. M. (2020). **Sustainability of residential buildings in Portugal: A comparison between regulation and certification**. *Energy and Buildings*, 212, 109793.

MENDONÇA, F. (2019). **Gestão da Qualidade em Edificações Residenciais Conforme a NBR 15575**.

MENDONÇA, F. C., et al. (2020). **Documentação técnica em edificações habitacionais: facilitando a gestão e manutenção**.

MESQUIT, F. C.; MEDEIROS, E. D. **Sustentabilidade e construção civil: a importância de uma abordagem multidisciplinar**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 1, p. 111-118, 2018.

MÉTODO ENGENHARIA. **Certificações Sustentáveis: conheça as vantagens e os principais selos**. Disponível em: <<https://www.metodo.com.br/2022/05/20/certificacoes-sustentaveis/>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MORAES, C. S. B. **Análise da Eficácia e Viabilidade Socioambiental e Econômica de Tecnologias e Alternativas de Construção Sustentável para Habitação***. Relatório de Pesquisa. Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro/SP, 2019.102 p.

MORAIS, C. R., RODRIGUES, C., & SOUSA, H. (2018). **Construction and demolition waste management in the context of sustainability: a case study in Portugal**. *Sustainability*, 10(12), 4703.

NEOWATER. **Selo ambiental: quais são os melhores e por que ter um**. Disponível em: <<https://www.neowater.com.br/post/selo-ambiental-iso-lead/>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBATA, F. et al. **Sustainable building design: a case study of residential buildings in Brazil**. *Sustainable Cities and Society*, v. 46, 2019.

OBATA, F. Y. S. et al. **Análise do desempenho energético em edifícios comerciais em diferentes regiões climáticas brasileiras**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 223-237, 2019.

OLIVEIRA, R. A., GRUBITS, S., SECCO, D., FAGGION, J., & SCHOSSLER, C. A. (2020). **Analysis of energy efficiency in household refrigeration appliances using Procel labeling.** *Journal of Thermal Engineering and Fluid Science*, 4(1), 117-125.

OLIVEIRA, V. B.; CARVALHO, R. M.; JUNIOR, I. J. **Análise comparativa dos sistemas LEED E AQUA-HQE e sua inter-relação com o mercado brasileiro da construção civil.** XXVII Encontro Universitário da UFC de iniciação à docência. 2018.

PARDINI, M. D. A. (2009). **Sistema de Certificação Ambiental LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*) aplicado a edifícios: Uma análise crítica.** *Revista da Graduação*, 1(2), 168-178.

PINHEIRO, A., ROSAS, F., & LIMA, A. (2021). **Analysis of Energy Saving Technologies in Buildings through the PROCEL Edifica Program.** *Journal of Engineering and Exact Sciences*, 7(5), 1262-1275.

PORTER, M. E., & KRAMER, M. R. (2019). **Creating shared value.** In J. Lepoutre & M. Melo (Eds.), **Research Handbook on Entrepreneurship and Society** (pp. 285-300). Edward Elgar Publishing.

RAWORTH, K. (2017). **Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st-century economist.** Chelsea Green Publishing.

REINHART, C., PAN, Y., & MARACHE, M. (2018). **Assessing and addressing the carbon footprint of buildings.** *Energy and Buildings*, 158, 567-578.

ROCHA, C., SILVA, D., & SOUZA, E. (2019). **Certificação LEED: Práticas sustentáveis na construção civil.** In: **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Civil**, 12(2), 168-175.

ROCHA, F. S. (2018). **Métodos Descritivos em Pesquisa Social.** *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 37(2), 129-145.

ROCHA, J. C. (2018). **"Pesquisa Descritiva: Sua Importância no Processo de Conhecimento Científico."** *Revista Geintec*.

ROCHA, M. S., BERNARDES, A. M., & BENTES, I. (2019). **Economic and Environmental Analysis of Sustainability Certification Systems for Residential Buildings: A Case Study in Brazil.** *Procedia Manufacturing*, 39, 1403-1412.

SANTOS, A., TAVARES, L., & GOMES, Á. (2020). **Analysis of the Impact of AQUA Certification on Real Estate Market Value in the Metropolitan Region of Porto Alegre, Brazil.** *Energy and Buildings*, 215, 109930.

SANTOS, J. O., & PEREIRA, L. S. (2020). **The role of Brazilian regulation NBR 15575 in improving the performance of residential buildings in hot climates.** *Energy and Buildings*, 225, 110265.

SANTOS, M. A., & PEREIRA, R. (2020). **Conforto térmico e acústico em edificações habitacionais: a influência da NBR 15575.**

SCHALTEGGER, S., LUDEKE-FREUND, F., & HANSEN, E. G. (2018). **Business models for sustainability: Origins, present research, and future avenues.** *Organization & Environment*, 31(4), 391-413.

SCHALTEGGER, S., LUDEKE-FREUND, F., & HANSEN, E. G. (2022). **Business cases for sustainability: The Triple Bottom Line.** In *Business Cases for Sustainability: The Role of Institutions and Stakeholders* (pp. 19-34). Springer.

SCHENDLER, A. (2018). **"Powering the Dream: The History and Promise of Green Technology."** Rowman & Littlefield. 25-38

SEVERINO, J. W. O. **Construção Verde: emprego de recursos renováveis na construção civil.** *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7 n. 7. 792-807. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/1719>. Acesso em: 20 junho. 2023.

SILVA et al. ", 2019. **Aplicação da NBR 15575 em Projetos Estruturais.**

SILVA, A. B., & MENEZES, E. M. (2020). **"Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação."** Editora UAB.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. (2015) **Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos.** *Qualitas Revista Eletrônica*. [s.l], v.17, n.1, 2015.

SILVA, C. R., & MENEZES, L. K. (2021). **Pesquisa Exploratória: Definição, Delineamento e Formulação de Hipóteses.** *Revista de Metodologia em Ciências Sociais*, 12(3), 45-61.

SILVA, D. C., & OLIVEIRA, A. B. (2018). **Analysis of the technical quality of multi-storey residential buildings certified with LEED BD+C: Homes in Brazil.** *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 9(2), 57-65.

SILVA, J. R., et al. (2022). **Avaliação da Sustentabilidade de Empreendimentos Imobiliários pelo Sistema de Certificação LEED.** In *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*.

SILVA, P. R., & OLIVEIRA, A. S. (2018). Sustentabilidade na construção civil: práticas incentivadas pela NBR 15575.

SINGH, R., BARI, M. S., & YANG, R. (2020). **A review of sustainable materials for building envelopes**. *Energy and Buildings*, 213, 109774.

SMITH, B. (2016). **Princípios da sustentabilidade na construção civil**. In: A. Silva (Ed.), **Sustentabilidade e construção civil: Tendências e perspectivas** (pp. 25-42). Editora ABC.

SOUZA, M. C., FERREIRA, M. A. M., CAMPOS, D. F., & SAAVEDRA, Y. M. (2020). **The Influence of Sustainability Labels on the Brazilian Real Estate Market**. *Procedia Manufacturing*, 50, 42-147.

STEINEMANN, A. C., WARGOCKI, P., & RISMANCHI, B. (2019). **Ten questions concerning green building and indoor air quality**. *Building and Environment*, 167, 105189.

SUSTENTARQUI. **Saiba quais são os Selos para Construção Sustentável**. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/selos-para-contrucao-sustentavel/>>. Acesso em: 20 março 2023.

TELLO, R.; RIBEIRO, F.B.; T277g. (2012). **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção** / Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012.160p.

TORRES, C. E. N. (2020). **Avaliação do Conforto Térmico em Edificações Conforme a NBR 15575**.

UGREEN , 2023. **Benefícios da certificação LEED: um guia completo (ugreen.com.br)**. Disponível em :<<https://www.ugreen.com.br/os-5-principais-beneficios-da-certificacao-leed-um-guia-abrangen-te/>> . Acessado em 03 de julho de 2023.

UGUR,L. O.; LEBLEBICI, N. (2018) **.An examination of the LEED green building certification system in terms of construction costs**. *Renawable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, n. 1, p. 1476-1483, 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMET PROGRAM FOR SUSTAINABLE BUILDINGS AND CONSTRUCTION (UNEP). 2018. **SUSTENTABILIDADE**. Disponível em: <<https://www.unep.org/>> . Acesso em 15 de abril de 2023.

United States Green Building Council (USGBC). (2018). LEED v4.1 for Building Design and Construction USGBC. Disponível em:< LEED v4: Building Design + Construction U.S. Green Building Council (usgbc.org)> . Acesso em 15 de setembro de 2023.

United States Green Building Council (USGBC). (2021). LEED v4.1 for Building Design and Construction (BD+C): Reference Guide. USGBC. Disponível em:< LEED v4: Building Design + Construction Guide | U.S. Green Building Council (usgbc.org)> . Acesso em 15 de setembro de 2023.

USGBC (*UNITED STATE GREEN BUILDING COUNCIL*) , (2022). **LEED FOR COMMUNITIES AND LEED BD+C EQUIVALENCY**. USGBC, 2022. Disponível em: < LEED rating system | U.S. Green Building Council (usgbc.org) > Acesso em 15 de setembro de 2023.

VERBEERCK, G., LANGBROEK, J. H. M., & VAN DEN DOBBELSTEEN, A. A. J. F. (2021). **A framework for improving circularity assessment of buildings at the early design stage**. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105471.

VIEGAS, M. A. (2020). **Construção Sustentável e Certificação LEED: Estudo de Caso de um Edifício Residencial em Fortaleza**. *Revista de Engenharia Civil IMED*, 7(2), 15-32.

YILMAZ, B.; BAKIS, R. (2015) **Sustainable construction: green building design and delivery**. *Buildings*, v. 5, n. 3, p. 814-829, 2015.

YUDELSON, J. (2007). **Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building**. New Society Publishers.

ZHANG, Y., ZHOU, X., He, W., & LI, H. (2022). **Intelligent energy management system for sustainable buildings: a review**. *Energy Efficiency*, 1-22.