

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Marcos Lucas de Oliveira

**MÉTODO ESTRUTURADO PARA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C:
NOVAS CONSTRUÇÕES OU GRANDES REFORMAS**

Santa Maria, RS
2018

Marcos Lucas de Oliveira

**MÉTODO ESTRUTURADO PARA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C: NOVAS
CONSTRUÇÕES OU GRANDES REFORMAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Janis Elisa Ruppenthal

Santa Maria, RS
2018

Lucas de Oliveira, Marcos MÉTODO ESTRUTURADO
PARA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C:
NOVAS CONSTRUÇÕES OU GRANDES REFORMAS / Marcos Lucas de
Oliveira.- 2018.
89 p.; 30 cm

Orientadora: Janis Elisa Ruppenthal
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2018

1. Construção Civil 2. Sustentabilidade 3. Inovação 4.
Certificação LEED I. Ruppenthal, Janis Elisa II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

©2018

Todos os direitos autorais reservados a Marcos Lucas de Oliveira. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua São José nº 43, Bairro Nossa Senhora do Rosário, Santa Maria, RS.

CEP: 97.010-460 e-mail: eng.marcos.lucas@gmail.com

Marcos Lucas de Oliveira

**MÉTODO ESTRUTURADO PARA CERTIFICAÇÃO LEED BD + C: NOVAS
CONSTRUÇÕES OU GRANDES REFORMAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Aprovado em dia 06 de fevereiro de 2018:

Janis Elisa Ruppenthal, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Angela Weber Righi, Dra. (UFSM)

Lasier Gorziza de Souza, Dr. (UNISINOS)
Participação por videoconferência

Santa Maria, RS
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha orientadora Professora Dra. Janis Elisa Ruppenthal, pela compreensão e paciência.

A professora Dra. Angela Weber Righi e ao professor Dr. Lasier Gorziza de Souza por terem aceito o convite para avaliar meu trabalho e por contribuírem com suas sugestões para enriquecimento do mesmo.

Ao meu pai João Acioli Machado de Oliveira e a minha mãe Maria Elisabete Lucas de Oliveira pelo amor, carinho, estímulo e por não terem medido esforços para prover meus estudos.

Aos meus avôs maternos Emir Niderauer Lucas e Therezinha Scott Lucas, e em memória ao meu avô paterno, Aristides Olinto de Oliveira.

A minha irmã Mariana Lucas de Oliveira e aos meus amigos que estiveram ao meu lado me apoiando, auxiliando e provendo conhecimentos mútuos. Em especial a minha amiga Eleusa de Vasconcellos Favarin e ao meu amigo Rodrigo dos Santos Mathias.

Aos servidores e professores do Programa Pós-Graduação em Engenharia de Produção, em especial a servidora Márcia pelo constante apoio prestado durante a realização do curso.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento e estímulo a essa pesquisa.

RESUMO

MÉTODO ESTRUTURADO PARA ATINGIR A CERTIFICAÇÃO LEED BD + C: NOVAS CONSTRUÇÕES OU GRANDES REFORMAS

AUTOR: Marcos Lucas de Oliveira
ORIENTADORA: Prof^a. Janis Elisa Ruppenthal
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 06 de fevereiro, 2018

A indústria da construção civil sustentável apresenta uma migração de tecnologia que visa reduzir o impacto das edificações sobre o ambiente construído, gerações futuras e seu entorno. Nesse sentido, as certificações ambientais podem ser utilizadas como instrumentos políticos em prol da inserção social, do meio econômico, e da justiça socioambiental no setor da construção. Nesse contexto, essa pesquisa tem por objetivo propor um método estruturado para implantação do sistema de certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, a partir do diagnóstico da compreensão dos requisitos por parte dos responsáveis técnicos da região sul do Brasil na fase de projeto. O procedimento metodológico utilizado é de uma pesquisa aplicada, qualitativa e exploratória. Assim, a pesquisa de modo geral procedeu-se com análises de documentos, visitas in loco e aplicação de questionários dirigidos as empresas de consultoria de projetos sustentáveis, e aos responsáveis técnicos (Engenheiros e/ou Arquitetos). Como resultado, o trabalho apresenta que as principais soluções verdes implementadas em projetos LEED então voltadas ao dimensionamento de sistemas de captação da água da chuva, instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia e utilização de materiais com baixos índices de toxicidade. Conclui-se que 78,2% dos profissionais entrevistados consideram o sistema de certificação LEED burocrático, e que as principais incompreensões deles estão relacionadas há quatro itens do checklist do sistema de certificação LEED BD+C. Por fim é apresentado um método estruturado, baseado no manual LEED v4, para implantar o sistema de certificação LEED tipologia BD+C para novas construções ou grandes projetos.

Palavras-chave: Construção Civil. Sustentabilidade. Inovação. Certificação LEED.

ABSTRACT

STRUCTURED METHOD TO ACHIEVE LEED BD + C CERTIFICATION: NEW CONSTRUCTIONS AND GREAT PROJECTS

AUTHOR: Marcos Lucas de Oliveira

ADVISOR: Janis Elisa Ruppenthal

Date and Place of Defense: Santa Maria, February 06th, 2018.

The sustainable construction industry presents a technology migration that aims to reduce the impact of buildings on the built environment, future generations and their environment. In this sense, environmental certifications can be used as political instruments in favors of social insertion, the economic environment, and social and environmental justice in the construction sector. In this context, this research aims to propose a structured method for the implementation of the LEED BD+C type certification system for new construction or major reforms, based on diagnosis of understanding requirements by professionals in the southern region of Brazil. The methodological procedure used was an applied, qualitative and exploratory research. Thus, the research was generally carried out with document analyzes, on-site visits and application of questionnaires addressed to sustainable project consulting companies, and professionals (Engineers and Architects). As a result, the work presents that the main green solutions implemented in LEED projects are focused on the design of rainwater harvesting systems, the installation of photovoltaic panels for energy generation and the use of materials with low toxicity rates. As conclusion, was observed 78.2% of the interviewed professionals consider the LEED certification system bureaucratic and that their main misunderstandings are related to four items in the LEED BD+C certification system checklist. Lastly, the research shows a structured method, based on the LEED v4 manual, focused to implement the LEED BD + C type certification system for new buildings or large revolutions.

Keywords: Construction. Sustainability. Innovation. LEED certification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da pesquisa	14
Figura 2 – Dimensões da sustentabilidade.....	18
Figura 3 – Nível de Co ₂ atmosférico	22
Figura 4 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	23
Figura 5 – Principais certificações ambientais desenvolvidas no mundo.....	28
Figura 6 – Performance de excelência do LEED.....	33
Figura 7 – Objetivos para o desenvolvimento da certificação LEED	34
Figura 8 – Registros das certificações LEED no Brasil.....	41
Figura 9 – Na sua opinião o sistema de certificação LEED é burocrático?.....	51
Figura 10 – Desconformidades na compreensão do item “local de alta prioridade” do <i>checklist</i> do sistema de certificação LEED BD+C.	52
Figura 11 – Desconformidades na compreensão do item “avaliação do terreno” do <i>checklist</i> do sistema de certificação LEED BD+C.....	54
Figura 12 – Desconformidades na compreensão do item “resposta a demanda” do <i>checklist</i> do sistema de certificação LEED BD+C.....	55
Figura 13 – Desconformidades na compreensão do item “redução do impacto do ciclo de vida do edifício” do <i>checklist</i> do sistema de certificação LEED BD+C.	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Eventos, acordos e estratégias para progressão da sustentabilidade	19
Quadro 2 – Estrutura da norma de desempenho brasileira.....	27
Quadro 3 – Certificações ambientais mais utilizadas no mundo.....	29
Quadro 4 – Evolução cronológica do sistema de certificação LEED	32
Quadro 5 – Níveis de Certificação LEED	36
Quadro 6 – Tipologia LEED e suas aplicações	37
Quadro 7 – Dimensões analisadas em um projeto LEED	38
Quadro 8 – Custo do sistema de certificação LEED	39
Quadro 9 – Categorias do sistema de certificação LEED utilizadas no Brasil.....	42
Quadro 10 – Enquadramento metodológico da pesquisa.....	43
Quadro 11 – Tecnologias, inovações e soluções verdes em projetos LEED BD+C	50
Quadro 12 – Opções para o crédito “local de alta prioridade” do <i>checklist</i> do sistema de certificação LEED BD+C.	53
Quadro 13 – Quesitos de avaliação de terreno do sistema de certificação LEED	54
Quadro 14 – Casos para atingir do item “resposta a demanda” do sistema de certificação LEED.	56
Quadro 15 – Opções executáveis para atingir a pontuação do crédito “redução do impacto do ciclo de vida do edifício” do sistema de certificação LEED BD+C.	57
Quadro 16 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “localização e transporte”.	58
Quadro 17 – Pontos de densidade média a 400 metros do projeto LEED BD+C.....	59
Quadro 18 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “terrenos sustentáveis”.	60
Quadro 19 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “eficiência hídrica”.	61
Quadro 20 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “inovação”.	62
Quadro 21 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “energia e atmosfera”.	63
Quadro 22 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “materiais e recursos”.....	64
Quadro 23 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “qualidade do ambiente interno”.	65
Quadro 24 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “prioridade regional”.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
CA	Certificação Ambiental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CFC	Clorofluorcarbono
CI	<i>Commercial Interiors</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP 21	Conferência das Partes de Paris
CS	<i>Core & Shell</i>
DR	Resposta a demanda
EB	<i>Existing Building</i>
ETA	Estação de Tratamento de Água de reuso
EUA	Estados Unidos da América
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
GBC	<i>Green Building Council</i>
GBCI	<i>Green Business Certification Inc.</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
ISA	Associação Internacional de Arboricultura
ICC	Indústria da Construção Civil
IPCC	Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NC	<i>New Constructions</i>
ND	<i>Neighborhood Design</i>
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
UNCED	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
VRV	Vazão de Refrigerante Variável
WCED	<i>World Commission on Environment and Development</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.2 OBJETIVO GERAL	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 JUSTIFICATIVA	11
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.1 OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	20
2.2 A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E OS EDIFÍCIOS DE ALTO DESEMPENHO ...	24
2.2.1. Edifícios de alto desempenho	26
2.3 SISTEMAS DE CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO	27
2.4 CERTIFICAÇÃO LEED	29
2.4.1. Certificação LEED e o impacto nos edifícios verdes	30
2.4.2 Histórico e Evolução do sistema de certificação LEED	32
2.4.3 Objetivos do LEED	34
2.4.4 Critérios de aplicação	35
2.4.5 Certificação LEED no Brasil	40
3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	43
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	43
3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	44
3.3 INSTRUMENTO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1 SOLUÇÕES EFICIENTES PARA ATINGIR O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED BD+C	47
4.2 TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES UTILIZADAS EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS LEED BD+C	50
4.3 COMPREENSÃO DOS REQUISITOS DO CHECKLIST DO SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED BD+C	51
4.4 MÉTODO ESTRUTURADO PARA IMPLANTAR O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED BD+C	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5.1 CONCLUSÃO	67
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	68
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A – Carta de apresentação e convite para participação da pesquisa	79
APÊNDICE B – Questionário I	80
APÊNDICE C – Questionário II	81
APÊNDICE D – Questionário III	82
ANEXO A – Parecer Comité de Ética	84
ANEXO B – Checklist - LEED BC+C: novas construções ou grandes reformas	85

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) tem grande participação no desenvolvimento econômico e social através da criação de infraestrutura, redução do déficit habitacional, geração de emprego e renda (COUTINHO; VIEIRA, 2014; GBC, 2016). Comparada com outros setores industriais, a ICC apresenta-se como uma das principais fontes de poluição ambiental mundial. Sendo responsável pelo consumo de 12% das reservas de água potável, 55% do desmatamento, 65% dos resíduos produzidos, e, de 48% das emissões de dióxido de Carbono (CO₂) (ZUTSHI; CREED, 2015).

Para Coutinho e Vieira (2014), esses impactos relacionam-se com perdas de materiais, geração de resíduos e interferências nos meios de vizinhança e ambiente, tais como: (i) bióticos (flora e fauna); e (ii) antrópicos (trabalhadores, bairros e sociedade). Assim, estima-se que aproximadamente 40% do total dos recursos globais naturais são consumidos pelo setor da construção civil (COUTINHO; VIEIRA, 2014; AKTAS; OZORHON, 2015).

Nesse contexto, revendo o desenvolvimento do século XXI, mais especificamente, para os métodos construtivos de casas, edifícios e estruturas, nota-se que a inserção de tecnologias é relativamente menor do que a maioria dos setores industriais (MARJABA; CHIDIAC, 2016). Esse atraso da ICC passa a estar ligado a visão de que o setor privado e a comunidade ambiental são atores independentes, isto é, no pensamento cartesiano, as questões sustentáveis são um custo ao empreendimento (GBC, 2016).

Conforme Barba, Gomes e Lacerda (2015), as edificações podem ser consideradas sustentáveis quanto há coexistência de três fatores do desenvolvimento sustentável: (i) econômico; (ii) social; e (iii) ambiental. Os aspectos sociais e econômicos são garantidos através da inserção ou incremento da inovação, passando a ser uma condição fundamental para a geração de vantagens competitivas (SCHUMPETER, 1934). Segundo Iacono, Almeida e Nagano (2011), a evolução da ciência e tecnologia inserem mudanças de forma radical nos produtos e processos dentro da organização do trabalho, e pode ser compreendida por dois modelos de inovação: (i) linear (crescimento e desenvolvimento econômico); e (ii) interativo (independência sistêmica dos agentes econômicos).

Segundo Marjaba e Chidiac (2016) o desenvolvimento sustentável precisa ser medido, quantificado e/ ou avaliado para determinar de forma eficiente qual sistema, técnica ou material de construção é eficaz para garantir a sustentabilidade do empreendimento. Dessa forma, foi

através da necessidade de métricas de desempenho e de ferramentas publicitárias que ocorreu o desenvolvimento dos sistemas de certificações ambientais (MARJABA; CHIDIAC, 2016). A resposta da ICC aos sistemas de certificações foi uma "onda verde", que vem elevando a consciência ambiental ao nível estratégico das corporações (GBC, 2015; EILERS et al., 2016).

Nesse contexto, a *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) ou Liderança em Energia e Design Ambiental é um sistema de avaliação de sustentabilidade, desenvolvido nos Estados Unidos pela *Green Building Council* (GBC) para desenvolver edificações sustentáveis. Essa certificação, é considerada flexível uma vez que pode ser aplicada em qualquer fase do empreendimento (GBC, 2016).

Os objetivos do sistema de certificação LEED estão voltados a orientar e assegurar que uma edificação está comprometida com os princípios sustentáveis em toda a sua cadeia produtiva (GBC, 2016). Ou seja, desde o planejamento da obra até sua conclusão, sem deixar de fora a avaliação do ciclo de vida do edifício, e, dos impactos gerados no entorno do empreendimento (SPITZCOVSKY, 2012).

Dessa forma, o desenvolvimento de novas técnicas construtivas e a crescente adesão de certificações ambientais (CA) na ICC vem contribuindo para um melhor desempenho do ambiente construído, impactando na redução dos resíduos gerados nos canteiros de obras e na preservação dos recursos naturais (VILLORIA SÁEZ et al., 2014). Sobre esse aspecto, no Brasil, existem diversos sistemas de CA que visam a melhoria dos processos da ICC como as certificações Aqua, Procel Edifica, Selo Casa Azul, entre outros. Porém, o sistema de certificação LEED é o mais aplicado no país, e também o de maior reconhecimento internacional (USGBC, 2017b).

No Brasil, mesmo diante da atuação de diversos selos e sistemas de certificações ambientais, sua aplicação na construção de empreendimentos sustentáveis esbarra na visão tradicional e conservadora das construtoras. Isto é, para essas organizações as certificações sustentáveis representam uma burocracia na execução da obra (GBC, 2016). Além disso, na grande maioria das construtoras nacionais há falta de compreensão dos requisitos das certificações, das tecnologias e inovações inseridas nos empreendimentos que seguem os parâmetros de construções sustentáveis.

Dessa forma, neste trabalho escolheu-se fazer um estudo da certificação LEED, tipologia para Novas Construções ou Grandes Reformas (LEED BD+C), com foco na região sul do Brasil. Essa tipologia foi escolhida em vista de ser a categoria LEED mais usual, isto é, com maior número de empreendimentos certificados no país (GBC, 2017f). Assim, surge a

problemática da pesquisa: é possível diagnosticar quais são as tecnologias e inovações inseridas nos empreendimentos com certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, na região sul do Brasil?

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é propor um método estruturado para implantação da certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, a partir do diagnóstico da compreensão dos requisitos por parte dos responsáveis técnicos da região sul do Brasil na fase de projeto.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como forma para alcançar o objetivo geral desse trabalho, estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos:

- a. Identificar na fase de projeto de edificações sustentáveis, LEED BD+C, quais são as principais soluções quanto ao controle da poluição da obra, da gestão dos resíduos, da eficiência energética e do uso racional da água e de materiais;
- b. Verificar quais são as tecnologias, inovações e soluções verdes utilizadas pelos responsáveis técnicos em projetos de edificações sustentáveis LEED BD+C; e
- c. Investigar, analisar e mapear a compreensão dos gestores e responsáveis técnicos sobre os requisitos do *checklist* da certificação LEED BD+C.

1.4 JUSTIFICATIVA

Os danos ambientais aos ecossistemas ocorrem através da urbanização em massa, das alterações climáticas, entre outros fatores (BRASIL, 2017). Vasconcellos (2011) relata que como forma de reduzi-los, importantes tratados internacionais foram assinados, como a convenção das nações unidas sobre as alterações climáticas e o protocolo de Quioto. Marjaba (2016) argumenta que os acordos estabeleceram ações obrigatórias para os países signatários reduzirem as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Sobre esse aspecto, Zutshi e Creed (2015) advertem que a ICC possui um grande desafio quanto a redução das emissões de GEE e consequentemente ao desenvolvimento sustentável, pois consiste em uma das atividades econômicas mais poluidoras. Todavia, a ICC é relevante para o desenvolvimento humano e social (TSAI e CHANG, 2012; TABASSI et al., 2016; GBC, 2016).

Nahmens e Ikuma (2012), e, Marjaba e Chidiac (2016), advogam que a ICC sustentável passa a ser o meio de prover a estabilidade para os sistemas sociais e físicos. Nesse sentido, a ICC dispõe de código de construção, programas de auditoria e rotulagem, regulamentos de aquisição, certificações, entre outros, que visam uma padronização dos processos com foco na sustentabilidade dos empreendimentos (LU; ZHU; CUI, 2012).

Dentre esses fatos, a organização GBC (2014) sinaliza um aquecimento no mercado da sustentabilidade pela inserção de soluções nos mais diversos setores, como: (i) linhas de financiamento; (ii) projetos de construções sustentáveis; e (iii) programas de certificações. Além disso, pesquisas realizadas pelo IBGE (2015) apontam que para os próximos anos o Brasil deixará de crescer geometricamente, resultando em um amadurecimento em massa da população.

Dessa forma, o país teria um potencial de crescimento de até 2,5% ao ano, e em 2030 o número de brasileiros com idade ativa seria de aproximadamente 147 milhões de pessoas (IBGE, 2017a). O IBGE prospecta ainda que em 2030 a população total do Brasil será de aproximadamente 220 milhões de pessoas, e que a expectativa de vida estará na faixa dos 80 anos. Além disso, em 2030 haverá a formação de 35 milhões de novas famílias (IBGE, 2015; IBGE, 2017a).

Essa previsão de mudança populacional impacta diretamente no setor da construção civil do país, pois o aumento demográfico e a formação de novas famílias resultará na busca por novas habitações. A última medição do déficit habitacional do país registrou mais de seis milhões de cidadãos sem habitações (CBIC, 2017a). E a participação relativa da construção civil na população ocupada total, em 2014, foi de 8,67% (CBIC, 2017b). Além disso, o IBGE (2017b) apresenta que o custo médio da construção obteve um aumento de 7% no ano de 2016.

Em relação ao último trimestre de 2016, a construção civil no país registrou uma queda de 1,7%, e uma retração de 4,4% em relação ao mesmo período de 2015 (SINDUSCON, 2016). No ano de 2017 essa queda foi de 6,4%, e as perspectivas para o setor conforme o sindicato da indústria da construção civil (SINDUSCON) é de apenas 0,2% de crescimento da construção no ano de 2018 (SINDUSCON, 2018). Assim a inserção de novos meios construtivos, através

de tecnologias, inovações e projetos sustentáveis no país, torna-se relevante para alterar a retração do mercado da construção civil (CBIC, 2017a).

Nesse sentido, a USGBC (2017b) afirma que o retorno sobre o investimento ao longo do tempo em construções sustentáveis é de 9,9% maior para a construção nova e de 19,2% para prédios existentes. A GBC (2016) sinaliza que um empreendimento certificado LEED tem um custo maior durante a fase de construção e um custo menor durante a fase de operação. Nessa linha de argumentação, a GBC (2017c) expressa que a certificação LEED é baseada em critérios e indicadores de desempenho. Sua aplicação nas edificações reduz em média 3,04% das emissões de GEE; 2,87% no consumo de energia; e 1,65% no consumo de água (GBC, 2016).

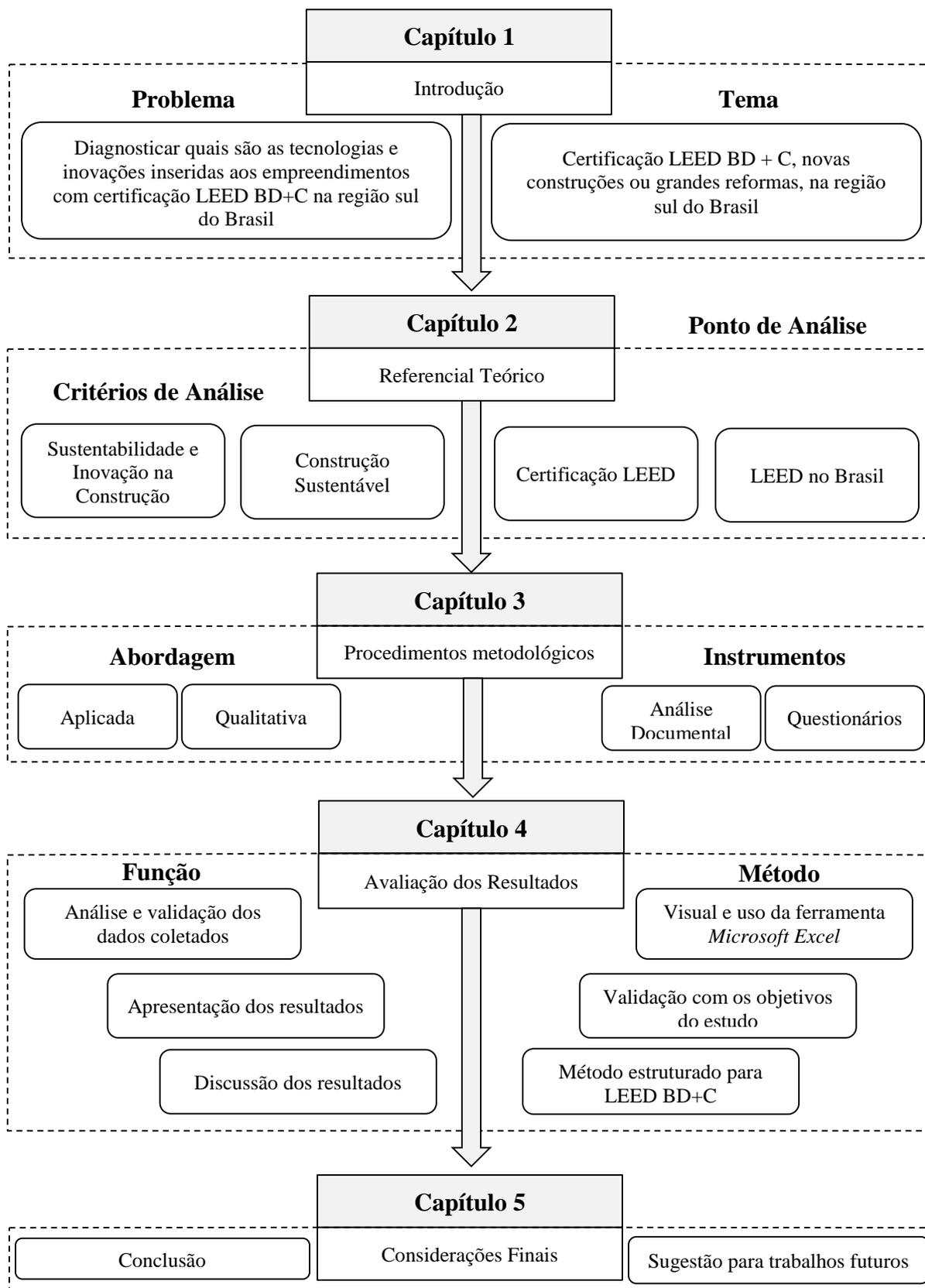
Dessa forma, esse estudo justifica-se como meio de investigar e apresentar as tecnologias e soluções verdes empregadas nas novas construções ou grandes reformas, que seguem os parâmetros de uma obra sustentável, com foco na certificação LEED, na região sul do Brasil. Essa região foi escolhida para compor a análise do estudo porque ela é a segunda região com maior número de projetos certificados do Brasil (13,9%), perdendo apenas para a região sudeste que representa 73,2% do total de projetos certificados no país (USGBC, 2018a), o que evidencia seu potencial de aplicação dos sistemas de certificação LEED.

Além disso, na região sul há possibilidade de expansão do sistema de certificação LEED BD+C, pois, atualmente, dentre os estados que fazem parte da região sul, o estado do Paraná apresenta-se como o terceiro estado do país com maior número de registros de projetos sustentáveis ao sistema de certificação LEED, perdendo apenas para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro (USGBC, 2018a). Além disso, a escolha da região sul para compor o elo central do estudo é justificável pelo potencial de expansão à novas habitações, em vista de ser a terceira macrorregião mais populosa do país, com mais de 27 milhões de pessoas (IBGE, 2010).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa pesquisa foi dividida em cinco capítulos que compreende a introdução, o referencial teórico, os procedimentos metodológicos, resultados e as discussões, e, por fim as conclusões da pesquisa. Na Figura 1 apresenta-se a estruturação do estudo.

Figura 1 – Estrutura da pesquisa



O capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, a justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo. No capítulo 2 é redigido o referencial teórico, que serve de base para compreender e fundamentar a temática do estudo.

No capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos do trabalho, que compreendem a classificação e delimitação da pesquisa, bem como os instrumentos utilizados. No Capítulo 4, por sua vez, é realizada a discussão dos resultados e a elaboração do método estruturado para a certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas. Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões obtidas com esta pesquisa e as recomendações para estudos futuros.

2 SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A sustentabilidade tem como base três pilares que não se excluem mutuamente e que reforçam o compromisso das exigências ambientais, sociais e econômicas (PUSKAS; MOGA, 2015). Neto e Farias Filho (2013), esclarecem que a ICC é parte integrante do desenvolvimento econômico e social de uma região, devido a relação emprego, empregador e cadeia de suprimento.

No entender de Marjaba (2016) os investimentos ambientais inseridos nas empresas de construção civil por meio de políticas, práticas, sistemas de gestão e relatórios de sustentabilidade estão interligados com a finalidade de mantê-las competitivas no meio corporativo. Para a GBC (2016) a inserção de inovações na ICC altera as ações para melhorar os resultados ao mesmo tempo que atuam na melhoria da qualidade de vida dos usuários.

Nesse contexto, GBC (2014) destaca que para as principais organizações da construção civil, nacionais e internacionais, a sustentabilidade é vista como um procedimento intrínseco aos processos. Dessa forma, a ação da sustentabilidade na construção civil está intimamente ligada à redução de desperdícios, utilização de novos métodos construtivos para mitigar as emissões de CO₂ e as degradações ambientais.

Antón e Diás (2014), defendem que o pensar sustentável iniciou-se somente após o século XX com a avaliação dos processos de industrialização. Gangoellis et al. (2014), complementam que as autoridades mundiais consideravam baixo o nível de poluição no século XIX, mesmo diante das evidências de modificações da urbanização, nível populacional, e consumo de matéria prima. Os autores Zhong e Wu (2015), e Bork, Barba Junior e Gomes (2015), confirmam em seus estudos que foi por meio do crescimento da industrialização que surgiram as primeiras teorias, debates e preocupações sobre as atividades industriais e sua relação com os danos ambientais.

Conforme Fenker et al. (2015) a preocupação com o meio ambiente inicia no momento em que o homem percebe que a capacidade natural de regeneração dos recursos naturais passa a ser menor do que o nível de exploração desses recursos, e que a geração de resíduos é maior do que a natureza consegue absorver. Nesse aspecto, a formulação do termo desenvolvimento sustentável difundiu-se em pautas internacionais após a divulgação do relatório de *Brundtland* (1987) e baseou-se em três pilares, descritos no livro *Ecodevelopment* (1980), de Ignacy Sanchs como eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica (EUSTÁQUIO; ALVES, 2015).

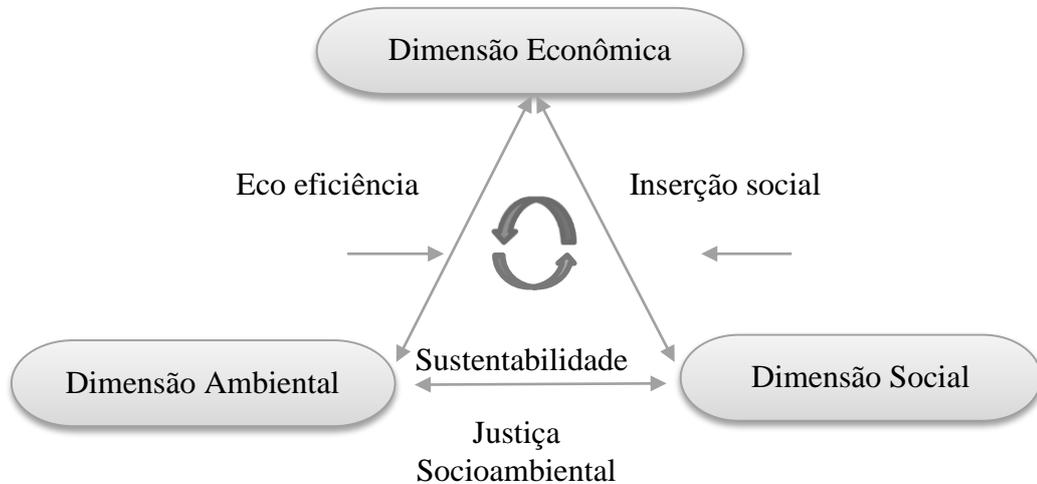
Para Mateus (2009), Mota (2011), Svensson (2014), e, Marjaba e Chidiac (2016) o relatório de *Brundtland* apresenta a definição consensual do termo desenvolvimento sustentável. Sendo esse definido como: “Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987).

Esse termo foi debatido na *World Commission on Environment and Development* (WCED), em 1987 e consolidado a partir da *United Nations Conference on Environment and Development* (WCED, 1987). A definição do termo desenvolvimento sustentável possui intrinsecamente dois conceitos-chave: (i) necessidades do presente: refere-se ao atendimento das populações mais pobres; e (ii) limitações impostas: representa o atual estado de desenvolvimento tecnológico das nações na capacidade de satisfazer as necessidades atuais e futuras (WCED, 1987; MATHEUS, 2009).

Assim, a efetivação das dimensões da sustentabilidade ganhou força na década de 1990 diante das conferências globais no âmbito de responsabilidade da Organização das Nações Unidas (ONU) (GAVIAO; LIMA, 2015). No Brasil, diversas ações em favor ao meio ambiente foram redigidas através de códigos e Leis. A de maior importância é a Lei nº 6.938, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (BRASIL, 1981). Essa Lei introduziu o Brasil no cenário mundial como um dos países pioneiros em políticas públicas para preservação do meio ambiente (GAVIAO; LIMA, 2015).

Nesse contexto, em 1999, o autor John Elkington embalado pelas convenções e pelo pragmatismo instalado definiu o conceito *Triple Bottom Line* com base nos três pilares do desenvolvimento sustentável (DURAN et al., 2015). Esse conceito pretende evitar que as empresas focalizem seus esforços somente nos resultados econômicos (CBIC, 2017c). Para Duran et al. (2015), o conceito representa o equilíbrio de uma sociedade justa, economicamente incluída e ambientalmente responsável. Assim, o conceito do *Triple Bottom Line*, (Figura 2), reforça o comprometimento que os países têm a desenvolver quanto ao direito dos cidadãos em possuir uma vida saudável, produtiva e em harmonia com a natureza.

Figura 2 – Dimensões da sustentabilidade



Fonte: Adaptado de Duran et al. (2015).

A Figura 2 evidencia que o desenvolvimento sustentável, sob uma ótica holística, transcende ao envolvimento natural, social e econômico designado a solucionar dois grandes problemas da humanidade: a capacidade de criar e manter-se (DURAN et al., 2015). Essa visão ficou evidenciada na conferência Rio+20 que obteve como base central o conceito *Triple Bottom Line*. A conferência tratou de dois pilares: a estrutura de governança para o desenvolvimento sustentável no âmbito das nações unidas e a economia verde, e sua contribuição na erradicação da pobreza (BRASIL, 2017a).

Varvazovska e Prasilova, (2015) e Chang et al. (2017), apontam que nessa conferência, foi discutido e reafirmado o compromisso com o desenvolvimento sustentável, tendo em vista os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a integração do *Triple Bottom Line* para a redução das desigualdades, elevação do padrão de vida e promoção da equidade social.

Diante da complexidade que o termo desenvolvimento sustentável envolve, há um amplo debate em conferências internacionais (CHANG et al., 2017). Todavia, essas apontam três objetivos em comum, que referenciam os princípios e requisitos essenciais para o desenvolvimento sustentável: (i) erradicação da pobreza; (ii) mudanças dos padrões insustentáveis de produção e consumo; e (iii) proteger e gerir os recursos naturais do desenvolvimento econômico e social. O Quadro 1 expressa a progressão do termo ao longo dos anos diante das conferências e acontecimentos mundiais.

Quadro 1 – Eventos, acordos e estratégias para progressão da sustentabilidade

Ano	Acontecimentos
1951	União Internacional para a Conservação da Natureza publicou o primeiro relatório sobre o ambiente global, que visava a busca de reconciliação entre economia e ecologia.
1968	Conferência internacional para o uso e conservação da biosfera, promovido pela UNESCO. Nessa foi debatido as primeiras discussões sobre o desenvolvimento sustentável.
1972	Publicado o primeiro relatório do Clube de Roma "Limites para o Crescimento", realizou-se também a primeira Conferência das Nações Unidas sobre questões ambientais e o ambiente em Estocolmo. Criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
1982	Carta Mundial para a Natureza das Nações Unidas adota o princípio que os organismos e ecossistemas devem ser geridos de forma a manter uma produtividade sustentável.
1983	Criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida por Gro Harlem Brundtland. Denominada Comissão de Brundtland, é um órgão independente da ONU.
1984	Conferência internacional “Ambiente e Economia” conclui que o ambiente e a economia são interdependentes.
1985	Convenção de Viena soluções regulamentadas para reduzir o uso de substâncias que danificam a camada protetora de ozônio.
1986	União Europeia introduz em ato único os elementos da política ambiental em tratado da comunidade Europeia.
1987	Publicação do relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento ("Relatório Brundtland" ou “Nosso Futuro Comum”). Nesse é definido o conceito de desenvolvimento sustentável.
1988	Estabelecido o Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática (IPCC), para avaliar as informações científicas, técnicas e socioeconômicas do desmatamento da floresta Amazônia.
1992	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), a Eco92.
1994	Charles Kubert define o conceito de “construção sustentável” como a criação e manutenção do ambiente construído, baseado na utilização responsável de recursos e princípios ecológicos.
1996	Assembleia Geral da ONU estabelece os objetivos de desenvolvimento do Milênio.
1997	Protocolo de Quioto. Este acordo regula a redução das emissões de GEE para os países industrializados em 5,2%, tendo a meta de atingimento para os anos de 2008 até 2012.
2000	Publicação da agenda do Milênio, nessa foram definidos oito objetivos essenciais para o desenvolvimento sustentável, a ser atingido até 2015.
2002	Em Johannesburgo acontece a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável organizada pela ONU, Rio+10, e representa a primeira grande conferência da ONU no início do século XXI.
2005	O Protocolo de Quioto entra em vigor, obrigando países desenvolvidos a reduzir a emissão de gases que provocam o efeito de estufa.
2011	Conferência das Nações Unidas sobre o Clima em Durban
2012	No Rio de Janeiro foi realizada a última Cúpula da Terra, Rio+20, na qual foi lançado um processo para desenvolver os objetivos gerais de desenvolvimento, para continuar o processo iniciado pelos objetivos de desenvolvimento do Milênio até o final do 2015.
2015	A Cúpula das Nações Unidas lança a Agenda 2030, com 17 objetivos globais para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Adaptado de Peterson et al. (2011), Dixon et al. (2013), Duran et al. (2015), e Schelb (2016).

Conforme estudo realizado sobre as conferências internacionais em prol do desenvolvimento sustentável (Quadro 1), e diante das argumentações de Verbinnen et al., (2015) e De Conto (2017), a preocupação com o desenvolvimento sustentável pode ser compreendida em três fases: (i) preocupação com a poluição – décadas de 1970 e 1980; (ii)

preocupação com a biodiversidade – década de 1990; e (iii) preocupação com as mudanças climáticas, aquecimento global e erradicação da pobreza – atualidade.

Duran et al. (2015), em um pensar contemporâneo, mas em consonância com os demais autores, afirma que o desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como transcendente da harmonia entre o crescimento econômico, a proteção ambiental, a justiça social, a democracia e o estado de direito, passando a ser concebido como uma solução a crise ecológica. Ainda na posição de Duran et al. (2015) e De Conto (2017), o segredo para o desenvolvimento sustentável está na aplicação dos conceitos do *Triple Bottom Line*, em vista da equidade que esse conceito pode promover nas dimensões meio ambiente, economia e sociedade.

2.1 OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Eventos globais e pesquisas científicas no século XXI têm centrado debates em torno dos conceitos "alterações climáticas" e "emissões de GEE" (ZUTSHI; CREED, 2015). As atividades humanas, ao longo dos anos, emitiram grandes concentrações de CO₂ entre outros gases nocivos a camada de oxônio (ZUTSHI; CREED (2015). Segundo Long (2012), o acúmulo desses gases vem alterando o clima da terra e conseqüentemente causando danos aos ecossistemas.

Estima-se que a ICC contribua com 30% das emissões de GEE na atmosfera, sendo a maior parcela representada pelo uso de combustíveis fósseis, na fase operacional (CHOU e YEH, 2015; GIAMA; PAPADOPOULOS, 2015). Além disso, há danos por meio do desmatamento e da fabricação de cimento (JIN; CHEN; SOBOYEJO, 2015). Sob esse ponto de vista, Wu et al. (2014) afirmam que a ICC enfrenta uma crescente pressão para reduzir as emissões de GEE.

Na compreensão de Sarkis, Meade e Presley (2012), um dos principais desafios da ICC no século XXI é a redução dos impactos ambientais movidos pelo exercício da atividade e o desenvolvimento de materiais e processos sustentáveis que visem minimizar as emissões dos GEE, principalmente o CO₂. Zutshi e Creed (2015), complementam relatando que os desejos humanos devem interligar-se ao uso racional das matérias primas e da construção sustentável.

Nesse contexto, Betts et al. (2011) revelam que a despesa anual global com os impactos do setor da construção civil ao meio ambiente deverá aumentar em 67% até 2020, representando para a década um gasto total de, aproximadamente, R\$ 304 trilhões de reais. Sobre essa projeção, Chou e Yeh (2015) descrevem que há uma provável intensificação do crescimento da

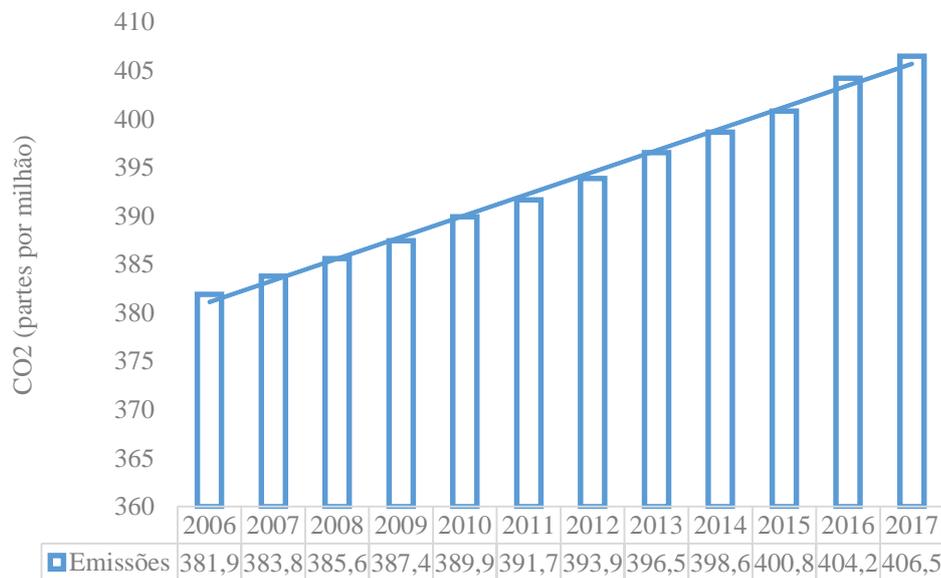
ICC e, conseqüentemente, um aumento das emissões de GEE se não ocorrer mudanças nos padrões construtivos nos próximos anos.

Por sua vez, o estudo de Marshall et al. (2013) aponta que é pequena ou quase inexistente, na literatura científica, pesquisas sobre emissões de GEE dos equipamentos utilizados na ICC, reconhecendo que ao setor falta informações sobre os danos ambientais dos *stakeholders* a construção. Para Tabassi et al. (2012), os equipamentos utilizados na ICC tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento não estão alinhados com o desenvolvimento sustentável, principalmente quando se analisa as emissões de CO₂ do setor.

Desse modo, na Agenda 21, documento fim da convenção que estabelece os compromissos firmados entre os países ricos em relação aos países pobres, foram debatidos os processos que afetam a atmosfera em escala mundial, regional e local (EUSTÁQUIO; ALVES, 2015). Nesse documento, especificamente no capítulo sete, que trata do plano de ação para promover o desenvolvimento sustentável de assentamentos humanos, há uma defesa da promoção de atividades sustentáveis na indústria da construção (TABASSI et al., 2012; TABASSI et al., 2016). Todavia, na Rio+20 foram apontadas apenas medidas voluntárias para aprimorar as práticas da indústria da construção civil (ONU, 2012).

Assim, perante o aumento das emissões de CO₂ no mundo, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), através de seus satélites passou a mensurar as mudanças climáticas do globo e as concentrações de CO₂ em tempo real. A entidade relata que o dióxido de carbono é um gás que captura o calor, que passa a ser liberado através de processos naturais ou das atividades humanas, como desmatamento, utilização de combustíveis fósseis, entre outros (NASA, 2018).

Dessa forma, no ano de 2017 a NASA registrou um aumento médio da temperatura global de 0,90°C acima da média do século XX, foi a sexta vez que há uma elevação recorde de temperatura. Conforme a entidade esse fato ocorreu também em 2017, 2016, 2015, 2014, 2010 e 2005 (NASA, 2018). Para essa entidade, o ano de 2017 foi o terceiro ano mais quente dentre os últimos cinco analisados, desde 2010. Na Figura 3 são apresentados os níveis de CO₂ atmosférico desde 2006 até 2017, com o ciclo sazonal médio removido.

Figura 3 – Nível de CO₂ atmosférico

Fonte: Adaptado de NASA (2018).

Com a divulgação de dados das emissões de CO₂ pela NASA, e perante a análise destes, é possível evidenciar que os países não estão cumprindo com suas obrigações, assumidas nas convenções mundiais, em prol do desenvolvimento sustentável. Nas palavras de Zutshi e Creed (2015) a mitigação das alterações climáticas tem sido um dos maiores desafios atuais das políticas globais.

Nesse sentido, em 2015 os países membros do grupo G7 (EUA, Japão, Canadá, Alemanha, França, Reino Unido e Itália), firmaram um acordo histórico em uma convenção realizada na Alemanha. Na ocasião comprometeram-se em extinguir o uso de combustíveis fósseis até 2100 (DE CONTO, 2017).

Esse acordo vai ao encontro do que foi decidido, em 2015, na convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). Nessa convenção estavam reunidos 196 países membros com a finalidade de redefinir um acordo internacional para conter as alterações climáticas. Como resultado foi decidido que o aquecimento global anual deve ficar abaixo de 2°C (HOURCADE; SHUKLA, 2015).

Nesse contexto, o acordo e os resultados da Conferência das Partes de Paris (COP-21) realizada em 2015 abrangem áreas cruciais tais como: (i) redução rápida das emissões, com a finalidade de alcançar a meta de temperatura global; (ii) sistema de contabilidade transparente e global para ação climática; e; (iii) financeiro climático. A COP-21 reconheceu que as

alterações climáticas se apresentam como uma ameaça potencialmente irreversível ao planeta e à vida humana.

Os objetivos da COP-21 visam fortalecer a resposta global no que diz respeito às ameaças das mudanças climáticas globais em favor do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza. A conferência visou a redução das emissões de CO₂ globais e cobrou dos países participantes uma cooperação mútua das metas com o qual se comprometeram em prol da sobrevivência humana (ONU, 2015).

Os principais objetivos da COP-21 são: (i) manter o aumento da temperatura média global abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e buscar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais; (ii) aumentar a capacidade de adaptar-se aos impactos adversos das mudanças climáticas e fomentar a resiliência ao clima e o desenvolvimento de baixas emissões de gases de efeito estufa, de uma forma que não ameace a produção de alimentos; e (iii) prover fluxos financeiros consistentes com um caminho de baixas emissões de GEE e de desenvolvimento resiliente do clima (ONU, 2015).

Nesse contexto, os compromissos assumidos na COP-21 levaram os países signatários a reiniciar um debate sobre as mudanças climáticas, que resultou na proposta de uma nova agenda global para o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, as ações assumidas na COP-21 culminaram em novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que tiveram como base os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (ONU, 2015). Na Figura 4 são apresentados os 17 novos objetivos para o desenvolvimento sustentável.

Figura 4 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



A Agenda 2030 corresponde a um conjunto de programas, ações e diretrizes para orientação dos trabalhos das Nações Unidas e de seus países membros rumo ao desenvolvimento sustentável do planeta. As negociações propostas na agenda 2030 propõem objetivos e metas que nortearão a ação dos países para os próximos 15 anos a partir de 2015 (ONU, 2017).

O documento final da agenda 2030 apresenta 17 objetivos para o alcance do desenvolvimento sustentável e 169 metas correspondentes que devem ser alcançadas no período de 2016 a 2030. Conforme a Organização das Nações Unidas (2017), esses objetivos são considerados integrados e indivisíveis de natureza global e universalmente aplicáveis, levando-se em conta as diferentes realidades, capacidades e níveis de desenvolvimento dos países, respeitando as políticas de prioridades nacionais.

Nesse sentido, o décimo primeiro objetivo, “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusos, seguros, resilientes e sustentáveis”, é dentre os dezessete objetivos propostos na agenda 2030, o que mais se aproxima da prática de construção sustentável. Esse objetivo visa de forma global, por meio do planejamento e da gestão dos assentamentos humanos, prover a redução dos impactos negativos das cidades e garantir um aumento na disposição da urbanização inclusiva e sustentável até 2030 (ONU, 2018).

Além disso, visa que até 2020 ocorra um aumento na difusão das práticas sustentáveis nas cidades quanto a eficiência dos recursos, a mitigação e adaptação das mudanças climáticas, e a resiliência aos desastres ambientais (ONU, 2018). Dessa forma, entende-se que dentre as metas dos objetivos da agenda 2030 e por meio de um contexto global, a ICC é o meio vital para incentivar a mudança social em direção ao desenvolvimento sustentável (TSAI; CHANG, 2012; TABASSI et al., 2016). Por fim, a nova agenda global enfatiza que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável (ONU, 2017).

2.2 A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E OS EDIFÍCIOS DE ALTO DESEMPENHO

Em um esforço para abordar as preocupações ambientais na ICC, o conceito de edifícios verdes ganhou reconhecimento rápido nos últimos anos (WU et al., 2016). Segundo Munsami, Prasad e Ding (2017), esse conceito tornou-se recorrente por meio dos debates governamentais a nível mundial em prol de medidas sustentáveis à ICC. Nesse sentido, Tabassi et al. (2016), argumentam que os fatores que influenciam os critérios de sucesso de um edifício verde são

intrinsecamente relacionados à liderança transformacional dos líderes sustentáveis e à aplicação de materiais de construção de alta tecnologia.

Para USGBC (2012), conforme o documento “*Building Momentum*”, e para Arif (2013), um edifício verde é um projeto construído e operado para incorporar a sustentabilidade na construção, com a finalidade de reduzir o consumo dos recursos naturais, proporcionar um ambiente de trabalho mais saudável e produtivo, bem como desenvolver um comportamento altruísta nos usuários. Nesse sentido, para Kasai e Jabbour (2014), a construção sustentável traz mudanças significativas nos conceitos de projetos, nas compras de materiais e na gestão das edificações.

Assim, a indústria de construção como catalizadora do desenvolvimento sustentável pode influenciar positivamente no desenvolvimento de projetos eficientes e impulsionar um plano futuro para um desempenho crescente, sustentável e efetivo dos setores da construção (TABASSI et al., 2012, TABASSI et al., 2016). Nesse sentido, Kasai e Jabbour (2014) comentam que as construções sustentáveis apresentam uma migração de tecnologia que visa reduzir o impacto das edificações sobre o ambiente construído, gerações futuras e seu entorno.

Khashe et al. (2015), enfatizam que os projetos de edificações verdes revelam a prática de criar estruturas e usar processos que são ambientalmente responsáveis e eficientes em termos de recursos durante todo o ciclo de vida de um edifício. Assim, sobre a perspectiva desses autores, uma edificação sustentável pode ser compreendida como aquele projeto que apresenta meios eficientes para utilização dos recursos.

De acordo com Vazquez et al. (2013), os edifícios verdes devem ser concebidos e planejados através de cinco conceitos primordiais: (i) projetos que suprimem áreas menores de vegetação; (ii) utilização de certificação e cumprimento de normas de desempenho; (iii) utilização de materiais com baixas emissões de CO₂; (iv) redução de resíduos durante a fase de construção; e (v) redução no consumo de água e energia durante a fase de construção e uso. O estudo de Zalejska-jonsson (2014), aponta que negligenciar a operação de construção impede que os edifícios verdes alcancem as metas de sustentabilidade e seus benefícios econômicos, sociais e ecológicos.

Na posição de Tabassi et al. (2016), a construção de edifícios sustentáveis deve ser rentável durante todo o seu ciclo de vida e estar em conformidade com os aspectos físicos e bioculturais do ambiente. Lu e Zhang (2016) revelam em sua pesquisa que o objetivo de projetistas de edifícios verdes é criar um ambiente construído saudável com base na eficiência de recursos e materiais ecológicos. Além disso, ressaltam que a utilização de técnicas

sustentáveis na ICC pode resultar positivamente no bem-estar dos usuários (MONTROYA, 2011; LU; ZHANG, 2016).

Nesse aspecto, a pesquisa de Chang e Hong (2013) e de Khashe et al., (2015) aponta que as atitudes e comportamentos dos ocupantes de um prédio verde podem afetar significativamente no desempenho e no ciclo de vida do edifício. Azizi e Wilkinson (2015) e Mokhtar, Wilkinson e Fassman (2015), assinalam que por causa das estratégias de intervenção implementadas nos edifícios verdes, os usuários dessas edificações adotam mais os comportamentos pró-ambientais do que os de edifícios convencionais.

Sobre essa ótica, a pesquisa de Vazquez et al. (2013) conclui que os ocupantes de edifícios verdes têm uma produtividade adicional de 2 a 16% em relação aos usuários de edifícios convencionais. Zalejska-jonsson (2014), em seu estudo, revela que os ocupantes que vivem em apartamentos verdes apresentam maior satisfação com o ambiente interno do que em relação aos que vivem em edifícios convencionais. Conforme a pesquisa de Vazquez et al. (2013), o ganho de produtividade dos usuários de edifícios verde está subdividido em três categorias: (i) iluminação adequada, estima-se um ganho de produtividade de 7% ao usuário; (ii) controle individual de temperatura, 3%; e (iii) controle de ventilação, entorno de 2%.

2.2.1. Edifícios de alto desempenho

No Brasil, 50% da energia produzida é consumida em edifícios (ICS, 2017), 19% do consumo ocorre em edificações voltadas ao atendimento de escritórios (KHASHE et al., 2015). As edificações residenciais, comerciais e públicas, e de serviços em conjunto representam 55% do consumo geral de energia do país, devido ao uso do ar condicionado e iluminação (BRASIL, 2017b). Diante disso, como meio de reduzir os aspectos negativos da construção civil, os edifícios de alto desempenho utilizam de estratégias sustentáveis para reduzir o uso geral de energia, otimizar os sistemas instalados e promover a saúde e a produtividade para seus ocupantes (DAY; GUNDERSON, 2015).

Nesse contexto, a norma de desempenho ISO 6241- *Performance Standards in Building* de 1984, é considerada um marco para melhorias de desempenho das edificações (DAY; GUNDERSON, 2015). Segundo os autores Chang e Hong (2013), foi constatado que as estratégias de construção sustentáveis como qualidade da iluminação e da ventilação natural, têm sido especificamente ligadas à melhoria da produtividade e ao desempenho dos ocupantes.

Em 2013, no Brasil, foi publicada a norma ABNT NBR 15.575. Os sistemas abordados na NBR15.575 são analisados em termos de desempenho mínimo obrigatório para todos os requisitos (LOPES et al., 2014). O Quadro 2 apresenta as seis partes da norma de desempenho.

Quadro 2 – Estrutura da norma de desempenho brasileira

ABNT NBR 15575-1 – Parte 1: Requisitos Gerais
ABNT NBR 15575-2 – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
ABNT NBR 15575-3 – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos
ABNT NBR 15575-4 – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE
ABNT NBR 15575-5 – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas
ABNT NBR 15575-6 – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidros sanitários

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

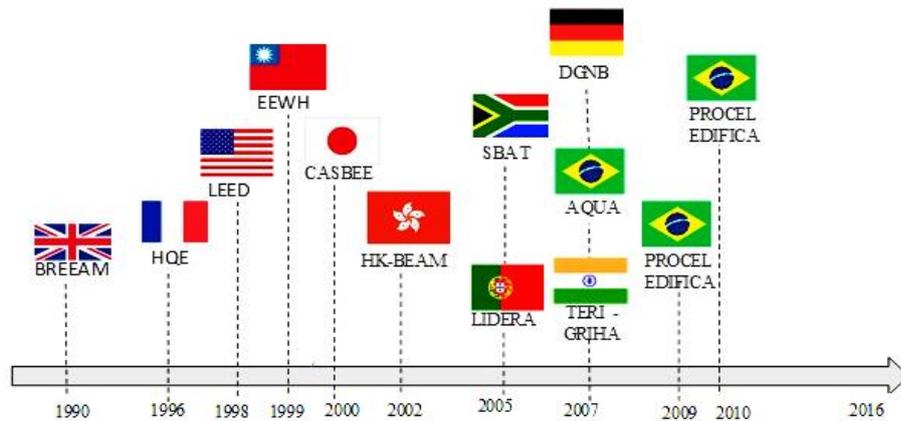
O objetivo dessa norma é atender às exigências dos usuários, que se referem aos sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independente de seus materiais constituintes ou sistemas construtivos utilizados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Dessa forma, as normas de desempenho surgiram para regular a ICC quanto a utilização, fiscalização, e avaliação de padrões de sustentabilidade do setor da construção.

2.3 SISTEMAS DE CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO

As certificações ambientais ou rotulagens ecológicas são ferramentas de análise que trazem em suas origens os aspectos mercadológicos (UDAWATTA et al., 2015). Ou seja, podem ser utilizadas como instrumentos políticos ou de marketing no desenvolvimento social, econômico e do meio ambiente. As evidências do surgimento de métodos para avaliação e mensuração da performance da sustentabilidade nas edificações datam da década de 1980 (VASCONCELLOS, 2011).

Os primeiros países a desenvolver e utilizar esses métodos foram os EUA e o Canadá como uma estratégia a impulsionar os padrões ambientais na ICC (ZUTSHI; CREED, 2015). Conforme Udawatta et al. (2015) a adesão de sistemas de CA tornou-se uma prática recorrente em diversos países, como EUA, Canadá, Austrália, Japão e França. A Figura 5, apresenta um escaneamento global dos principais sistemas de CA e selos desenvolvidos ao longo do tempo no mundo.

Figura 5 – Principais certificações ambientais desenvolvidas no mundo.



Fonte: DE CONTO (2017).

Para Zutshi e Cread (2015), os sistemas de avaliação de desempenho ambiental, ou certificações foram criados para garantir menor impacto e melhorias de performance no sistema construtivo e das edificações. Nesse aspecto, diversos autores apontam a propagação das CA como primordiais para o avanço das práticas sustentáveis na ICC (EKINCIIOGLU et al., 2013; AZZI; DUC; HÁ, 2015).

Outros estudos como o de Lu, Zhu e Cui (2012), sugerem que o desenvolvimento da ICC com menor impacto ao meio ambiente será possível através da adesão dos sistemas de CA, que visam métricas quantitativas e qualitativas a serem atingidas. Para Udawatta et al. (2015), a importância das questões ambientais, sociais e econômicas dentro da ICC, faz com que os sistemas de CA se tornem uma prática recorrente no setor.

Por conseguinte, Bork, Barba Junior e Gomes (2015), afirmam que há uma tendência de crescimento das CA na ICC à medida que os financiadores, clientes e outros *stakeholders* se conscientizam sobre a necessidade de promover uma economia verdadeiramente sustentável. Nessa economia deve-se incluir as variáveis ambientais e sociais com a finalidade de mensurar as mudanças ambientais causadas pela ICC em um panorama global (GIAMA; PAPADOPOULOS, 2015).

Nesse contexto, Rómero e Reis (2012) esclarecem que as CA funcionam por adesão e todos os sistemas de certificação são compostos por critérios de avaliação organizados em categorias. As certificações buscam otimizar processos dentro da cadeia produtiva da ICC, tais como: (i) redução do consumo de energia elétrica; (ii) redução do consumo de água; (iii) redução de resíduos; (iv) otimização de serviços, entre outros (RÓMERO; REIS, 2012).

Conforme o Sinduscon-rs (2017), uma edificação só recebe a credencial de empreendimento sustentável se o projeto passar por uma auditoria de certificação. O Quadro 3 apresenta os sistemas de certificação ambiental mais utilizados no mundo.

Quadro 3 – Certificações ambientais mais utilizadas no mundo

Classificação	Certificação	Percentual
1	LEED	30%
2	BREEAM	21%
3	BOMA	16%
4	GREEN STAR	7%
5	DGNB	5%
6	HQE	3%

Fonte: Adaptado de GBC (2016).

No Brasil, dentre os sistemas de certificações existentes para prover construções sustentáveis, a mais utilizados são: (i) sistema de certificação LEED; (ii) selo AQUA (Alta Qualidade Ambiental); (iii) certificação Procel Edifica; e (iv) Selo Casa Azul Caixa (BARBA; GOMES; LACERDA, 2015). Essas certificações fornecem aos proprietários e operadores de edifícios uma estrutura concisa para identificar e implementar soluções práticas e mensuráveis de construção, operação e manutenção de edifícios verdes (SUZER, 2015).

2.4 CERTIFICAÇÃO LEED

Para Zutshi e Creed (2015), as certificações de edificações sustentáveis estão mudando o mercado da construção, tornando-se um pré-requisito de sobrevivência para as construtoras, em vista do interesse dos clientes em obter uma residência eficiente e eficaz quanto à sustentabilidade. Nesse contexto, os autores Zhang, Shen e Wu (2011) apontam que as políticas para a certificação de edifícios verdes passam a ser entendidas como um esforço para alinhar os custos privados dos edifícios com seus custos sociais.

Nesse sentido, a certificação LEED atua como um sistema voluntário amplamente adotado para avaliação de edifícios verdes (LAM; BISWAS; WANG, 2015; SUZER, 2015; WU et al., 2016). Conforme Vijayan e Kumar (2005), Wu et al. (2017) e Fuerst, Grabieli e Mcallister (2017), o foco dessa certificação está centrado no desempenho das edificações quanto ao consumo de água, eficiência energética, seleção de materiais e qualidade do ar.

Nos EUA, o mercado de certificação LEED atingiu uma taxa de crescimento anual médio de 103% entre 2000 e 2011 (ZHAO; LAM, 2012). Já no Brasil, a aplicação da certificação está em ascensão, sendo que o primeiro edifício certificado no país foi do banco ABN AMRO em 2007 (USGBC, 2017b).

Para Ofori-boadu et al. (2012), a ascensão do mercado verde, tem influenciado os empreiteiros a adotar os princípios LEED como um mecanismo de entrada para credenciais ambientais. Além disso, os princípios sustentáveis na ICC trouxeram um desafio aos empreiteiros no encontro de profissionais capacitados para implementar as tecnologias verdes (OFORI-BOUDU *et al.*, 2012).

Segundo Cole e Valdebenito (2013), os programas de avaliação ambiental e rotulagem de edifícios são os meios mais potentes e eficazes para melhorar o desempenho dos edifícios e transformar as expectativas dos clientes em realidade. Nessa linha de argumentação, os desenvolvedores e certificadores têm desempenhado um papel significativo na condução da avaliação de desempenho em construções verdes através da certificação LEED (COLE; VALDEBENITO, 2013).

2.4.1. Certificação LEED e o impacto nos edifícios verdes

Estudos sobre a aplicação do sistema de certificação LEED em edifícios verdes, revelam que edificações certificadas apresentam um desempenho energético superior à de edificações convencionais (KHASHE et al., 2015). Arif (2013), indica que o fator desempenho energético está intimamente ligado ao comportamento dos ocupantes. No entender de Khashe et al. (2015), os benefícios das edificações verdes são mais prováveis de ocorrer quando o edifício e seus ocupantes são tratados como um sistema integrado.

Zhang et al. (2011), defendem que a promoção de práticas sustentáveis no desenvolvimento de edifícios leva ao avanço das estratégias verdes, principalmente a de desempenho ambiental no processo de construção das edificações. Na visão de Khashe et al. (2015) é através dos programas de certificação e sistemas de classificação que a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) obtém as ferramentas necessárias para projetar e construir edifícios verdes de alto desempenho.

Nesse contexto, a pesquisa realizada por Kasai e Jabbour (2014) apresenta uma análise da eficiência do sistema de certificação LEED e esclarece que em relação a utilização de energia e consumo de água, a aplicação do sistema de certificação LEED nas edificações infere em uma

redução média de 9% nos custos operacionais ao longo da vida útil do edifício. Além disso, sobre análise da percepção dos usuários, o estudo releva uma melhora no conforto interno, por meio do aumento da luminosidade e da redução do uso de ar condicionado (KASAI; JABBOUR, 2014).

Khashe et al. (2015) investigaram a influência da marca LEED no comportamento pró-ambiental de consumo de energia dos ocupantes das edificações certificadas. A abordagem sugerida, evidenciou que os ocupantes das edificações certificadas LEED mudam seus comportamentos de consumo de energia, adotando comportamentos pró-ambientais, como a adoção da luz natural em vez da luz artificial (KHASHE et al., 2015).

Ofori-boadu et al. (2012) descrevem em sua pesquisa que os projetos certificados pelo sistema LEED reduzem significativamente os impactos negativos das mudanças climáticas e das emissões de gases de efeito estufa, por causa da implementação de energias limpas aos projetos. Faulconbridge (2015) complementa afirmando que os projetos LEED focalizam-se em soluções mais localizadas que geram reduções de recursos naturais por meio de projetos e materiais adaptados às exigências ambientais locais.

Nesse sentido, os estudos sobre LEED normalmente propõe um modelo de otimização, avaliação ou seleção de materiais (FLOREZ; CASTRO-LACOUTURE, 2013), ambiente (KIENTZEL; KOK, 2011), emissões (BÜHLER; SCHUETZE; JUNGE, 2015) e concepção para edifícios sustentáveis (LIU; MENG; TAM, 2015). No entanto, Choi et al. (2015), propuseram uma ferramenta de otimização para auxiliar as equipes de projeto a determinar quais créditos da certificação LEED pode ser implementado em vista da característica do empreendimento.

Boschmann e Gabriel (2013) afirmam que o sistema de certificação LEED recompensa quanto as estratégias verdes, pois esse sistema de certificação promove a adoção de práticas sustentáveis na construção, através do uso de mecanismos de apoio e critérios de desempenho. Resultando conseqüentemente na redução das emissões de combustíveis fósseis ao longo do ciclo de vida do projeto (OFORI-BOADU et al., 2012). Portanto, a construção de novos projetos, sobre a ótica da certificação LEED, satisfaz as necessidades do presente, quanto a promoção de habitações sustentáveis e promove um menor impacto ao meio ambiente e às gerações futuras.

2.4.2 Histórico e Evolução do sistema de certificação LEED

O sistema de certificação de edifícios verdes LEED foi desenvolvido pela organização *US Green Building Council* (USGBC) em 1993 (SUZER, 2015; CHOI et al., 2015), sendo seu conselho fundado em abril de 1998, por meio de uma reunião no Instituto Americano de Arquitetura (USGBC, 2012). Nessa reunião, uma coalizão aberta abrangeu toda a indústria da construção com foco em um sistema de classificação de edifícios verdes, o que mais tarde se tornaria o sistema de certificação LEED (USGBC, 2017a).

O LEED foi criado para fornecer aos administradores de edifícios uma estrutura para avaliar, identificar e implementar soluções de concepção, construção, operações e manutenção de edifícios sustentáveis (OFORI-BOADU et al., 2012). Nesse sentido, a certificação LEED faz parte de uma tendência global na utilização de ferramentas de avaliação ambiental nas edificações, tornando-se um sistema de referência internacional (HOGBERG, 2013).

O projeto piloto do sistema de certificação LEED foi desenvolvido pelo USGBC e entrou em operação em 1998 com sua versão 1.0, LEED NC (HEIJDEN, 2014; SUZER, 2015). De acordo com Owens et al. (2013) o sistema de certificação LEED teve quatro revisões significativas desde seu lançamento: (i) LEED 2.1, em 2002; (ii) LEED 2.2, em 2005; (iii) LEED 3.0, em 2007; e (iv) LEED 4.0, em 2013. Dessa forma, no Quadro 4 é apresentado a cronologia de evolução do sistema de certificação LEED.

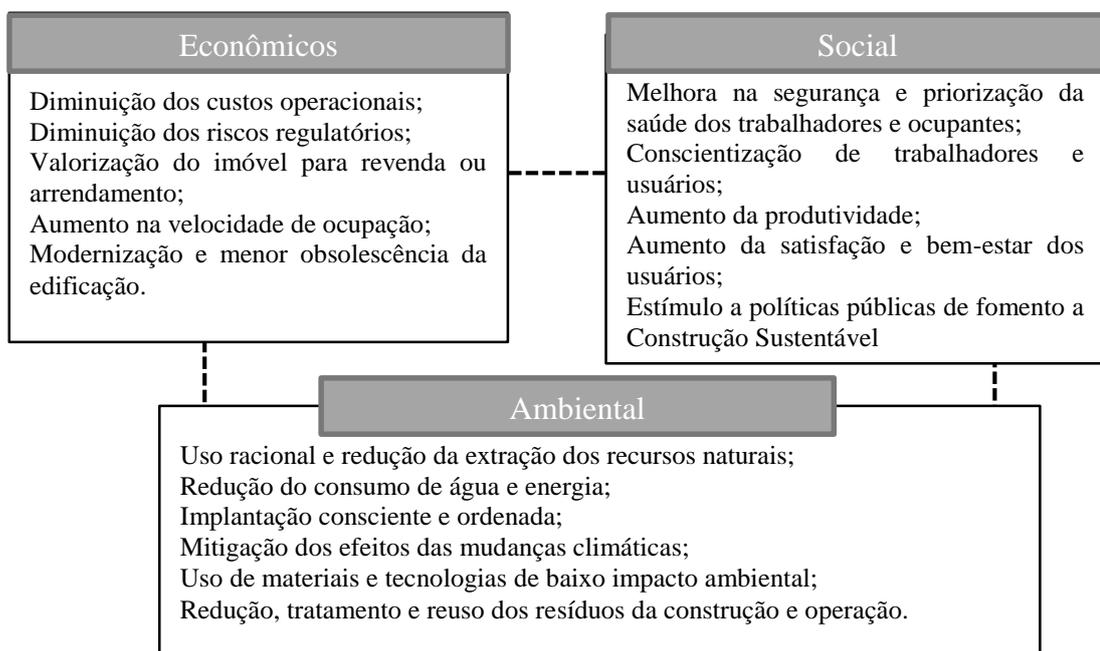
Quadro 4 – Evolução cronológica do sistema de certificação LEED

Ano	Acontecimento
1998	USGBC lança o projeto piloto, LEED versão 1.0
2000	USGBC lança a versão 2.0, LEED Green Building Rating System
2002	USGBC lança a versão 2.1 com alterações no processo de certificação
2003	A USGBC se torna uma entidade sem fins lucrativos
2004	Primeira certificação ouro, Prédio canadense National Works Yard
2005	USGBC lançou a versão 2.2, do LEED NC -Nova Construção
2006	O aquário de Vancôver no Canadá é o primeiro aquário certificado LEED ouro no mundo
2007	Primeiro estádio de esportes certificado LEED, <i>Baltimore Nationals Park</i>
2007	USGBC lança a versão 3.0, LEED do sistema de classificações
2009	USGBC lança <i>Building Performance Institute</i> uma entidade para formação de auditorias energéticas
2009	USGBC lança o LEED-Neighborhood Design (ND)
2010	100 universidades estão certificadas LEED nos EUA
2011	USGBC lança o Aplicativo, como parte de seu Programa de Automação LEED
2012	USGBC lança expansão comercial para seguimentos da indústria, armazéns e centros de distribuição
2013	USGBC lança a versão 4.0 do LEED

Fonte: Adaptado de Richards (2012).

A última versão do sistema de requisitos da certificação LEED (LEED v4), foi lançada no ano de 2013, porém a sua obrigatoriedade aos projetos ocorreu somente em 2016. Essa versão dos requisitos trouxe consigo a relação do desenvolvimento sustentável, por meio da *Triple Bottom Line*, juntamente com a adição das questões de saúde humana, como forma de refletir o ambiente construído e seu impacto (OWENS et al., 2013). Na Figura 6 é apresentada a relação de benefícios da certificação LEED aos aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Figura 6 – Performance de excelência do LEED.



Fonte: Adaptado de GBC (2017a).

Nesse contexto, conforme Long (2013) no LEED v4 as dimensões dos requisitos e critérios para obtenção da certificação LEED, tipologia DB+C, para novas construções ou grandes reformas apresentam-se mais rígidas, tendo a finalidade de aumentar as exigências do mercado da construção verde. Dessa forma, as práticas de análise dos atributos de sustentabilidade apresentam-se subdivididas em oito categorias, que visam priorizar ações sustentáveis quanto a mudanças climáticas, recursos hídricos, saúde, recursos naturais, comunidade, biodiversidade e comunidade. As pontuações, critérios e pré-requisitos, de cada categoria, podem ser observadas no Anexo B.

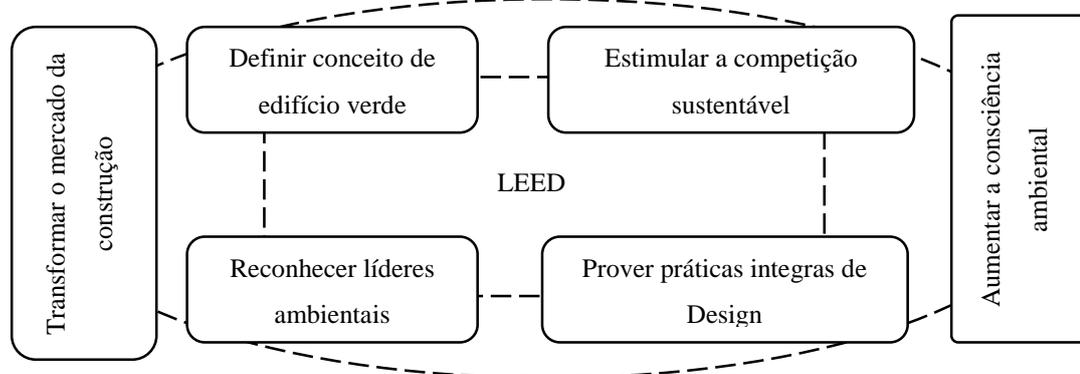
2.4.3 Objetivos do LEED

A certificação LEED atua como um sistema de classificação e medição de desempenho sustentável de edificações (CHOI et al., 2015). Nesse sentido, o sistema de certificação LEED tem por objetivo fornecer a certificação de edifícios que utilizaram projetos mensuráveis de construção, operação e solução de manutenção, sobre os aspectos de eliminação dos impactos ambientais da construção (KHASHE et al., 2015). Assim, os projetos que buscam a certificação LEED são influenciados pelas decisões tomadas durante a fase de concepção dos empreendimentos (CHOI et al., 2015).

Dessa forma, para Driza e Park (2014) o objetivo da certificação LEED é promover a saúde dos ocupantes por meio de um ambiente construído com menor impacto ao ecossistema. Nessa linha de compreensão, Suzer (2015) aponta o sistema LEED como uma ferramenta que visa orientar e avaliar a construção de edifícios ecológicos ao longo do seu ciclo de vida. No entender de Zhang e Chen (2013), o objetivo do sistema LEED é prover uma avaliação de desempenho de edifícios que abrange todo o processo de concepção de um empreendimento, isto é, desde o projeto preliminar, desenho e operação de construção até a fase de utilização e conscientização dos usuários.

Para a USGBC (2017a), a lista de objetivos a serem alcançados segue as dimensões e pesos de cada tipologia do sistema de certificação LEED. Dessa forma, evidencia-se que o sistema LEED é uma estrutura que permite que os proprietários e operadores de edifícios identifiquem e implementem soluções práticas e mensuráveis (CHOI et al., 2015). Na Figura 7 são apresentados os objetivos da certificação LEED.

Figura 7 – Objetivos para o desenvolvimento da certificação LEED



Fonte: Adaptado de USGBC (2017c).

De acordo com Choi et al. (2015), os seis objetivos fundamentais do sistema de certificação LEED (Figura 7) agem como um guia para desenvolver os aspectos sustentáveis em um projeto de edifício verde (CHOI et al., 2015). Por meio do seu processo sistemático é possível evidenciar o quanto o empreendimento é sustentável, e assim desenvolver possibilidades de melhorias. A USGBC (2017a), advoga que a criação do sistema de certificação LEED visa difundir os conceitos de construção ambientalmente responsável para profissionais, usuários e indústria da construção com foco na transformação do mercado da construção civil, em favor do meio ambiente, de uma melhora na qualidade de vida dos usuários e da população ao seu entorno.

2.4.4 Critérios de aplicação

O sistema de certificação LEED fornece a verificação por terceiros de que um edifício ou comunidade, foi concebido e construído utilizando estratégias destinadas a melhorar seu desempenho quanto a eficiência energética, consumo de água, redução de emissões de CO₂, qualidade ambiental, gestão dos recursos e dos seus impactos (KHASHE et al., 2015; LIU; MENG; TAM, 2015). Marjaba e Chidiac (2016), apontam que o sistema LEED é baseado no fornecimento de créditos como meio de avaliação de um empreendimento.

Segundo a GBC (2017f), os projetos que buscam a certificação LEED podem ser concedidos em nove categorias diferentes: i) nova construção e grandes reformas; (ii) áreas comuns e envoltória; (iii) interiores comerciais; (iv) escolas; (v) hospitais e setor de saúde; (vi) varejo; (vii) edifícios existentes: operação e manutenção; (viii) casas; e (ix) desenvolvimento de bairros. Dessa forma, para cada categoria do LEED há pré-requisitos obrigatórios e os créditos (recomendações) específicas à tipologia escolhida.

A GBC (2017a) esclarece que os pré-requisitos são ações obrigatórias a qualquer empreendimento que busca a certificação LEED, o não cumprimento de um dos pré-requisitos inviabiliza a análise para possível certificação da edificação. Já os créditos são ações que o sistema de certificação LEED sugere como meio de aumentar a performance das edificações. Assim, quanto mais critérios do *checklist* do sistema de certificação LEED o empreendimento atingir, maior será sua pontuação e conseqüentemente nível de certificação (HEIJDEN, 2014).

Conforme a GBC (2017a), os créditos devem ser apresentados para avaliação dos auditores da certificação LEED através de três documentos: (i) template ou declaração padrão LEED, assinada por projetista ou responsável; (ii) plantas e memoriais descritivos de projetos

e sistemas; e (iii) cálculos que comprovem o atendimento dos requisitos. Para obter a certificação do LEED é necessário cumprir todos os pré-requisitos e receber uma quantidade mínima de créditos (USGBC, 2017a).

No entender de Suzer (2015), a saída do processo de ponderação dos créditos revela os máximos pontos possíveis que podem ser alcançados em cada categoria. Owens et al. (2013), afirmam que as realocações de pontos de crédito são determinadas com base nas exigências das categorias. Desse modo, o processo de ponderação dos créditos é realizado por meio de um estudo qualitativo e quantitativo do nível de atendimento aos itens do *checklist* (SUZER, 2015).

Se não houver uma possível atribuição quantitativa de valor à relação entre crédito e categoria de impacto, o nível de associação é determinado como baixo, médio ou alto (OWENS et al., 2013). Os pesos das categorias de impacto foram determinados por consenso pela USGBC (USGBC, 2017a). Nesse sentido, após o atendimento dos pré-requisitos há uma inferência de pontuações ao empreendimento e as edificações podem ser classificadas como: Certificado, Prata, Ouro e Platina (GBC, 2017d). No Quadro 5 são apresentadas as pontuações e o níveis de certificação do sistema de certificação LEED.

Quadro 5 – Níveis de Certificação LEED

Pontuação	Nível de certificação
De 40 a 49 pontos	Certificado
De 50 a 59 pontos	Prata
De 60 a 79 pontos	Ouro
De 80 a 110 pontos	Platina

Fonte: GBC (2017d).

Heijden (2014) destaca que o sistema de classificação LEED segue uma série de critérios, e afirma que a certificação LEED é atribuída a projetos que satisfazem determinados requisitos de avaliações (DELISLE; GRISSOM; HOGBERG, 2013). Em outras palavras, a certificação LEED pode ser compreendida como um sistema de classificação e medição do desempenho sustentável do edifício (CHOI et al., 2015). Os sistemas de avaliação LEED geralmente têm 100 pontos básicos, mais seis pontos de inovação, e quatro pontos de prioridade regional (GBC, 2017d).

As dimensões de avaliação do sistema de certificação LEED são divididas em quatro tipologias: (i) Novas Construções (BD+C); (ii) Design de interiores (ID+C); (iii) Edifícios

existentes (O+M); e (iv) Bairros (ND). No Quadro 6 é apresentado cada tipologia com sua área de aplicação.

Quadro 6 – Tipologia LEED e suas aplicações

Tipologia	Aplicações
Novas Construções (BD+C)	Novas Construções ou Grandes reformas
	Envoltória e Núcleo Central
	Escolas
	Lojas de Varejo
	Data Centers
	Galpões e Centro de Distribuição
	Hotéis
Unidades de Saúde	
Design de Interiores (ID+C)	Interiores Comerciais
	Lojas de Varejo
	Hospedagem
Edifícios Existentes (O+M)	Edifícios Existentes
	Lojas de Varejo
	Escolas
	Hospedagem
	Data Centers
	Galpões e Centro de Distribuição
Bairros (ND)	Plano
	Certificado de Projeto

Fonte: GBC (2017f).

Para uma edificação que visa obter a certificação LEED a cada tipologia, há oito critérios que devem ser analisadas, sendo esses: (i) localização e transporte; (ii) espaço sustentável; (iii) eficiência do uso da água; (iv) energia e atmosfera; (v) materiais e recursos; (vi) qualidade ambiental interna; (vii) inovação e processos; e (viii) créditos de prioridade regional. O Quadro 7, apresenta as características de cada uma das dimensões analisadas nos projetos.

Conforme Choi et al. (2015), as decisões dentro de um projeto LEED são tomadas através de um *brainstorming*, tendo como finalidade criar uma visão compartilhada do conjunto de metas e passos a seguir para atingir a certificação LEED. Nessa linha de argumentação Delisle, Grissome e Hogberg (2013), revelam que o processo para obter a certificação LEED começa com o registro do projeto no sistema da USGBC e culmina na decisão de certificar ou não a edificação.

Quadro 7 – Dimensões analisadas em um projeto LEED

Dimensão	Característica
Localização e transporte	Incentiva a utilização e compra de materiais construtivos de fornecedores com proximidade a obra, com foco na redução das emissões de CO ₂ provenientes dos veículos de transporte.
Espaço sustentável	Incentiva as estratégias que reduzam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e compreende questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
Eficiência do uso da água	Utiliza-se de inovações para prover o uso racional da água, focando na redução do consumo de água potável e na busca de alternativas de tratamento e reuso dos recursos naturais.
Energia e atmosfera	Estimula a inserção de medidas de eficiência energética como, por exemplo, utilização de fontes renováveis e energias limpas.
Materiais e recursos	Estimula a utilização de materiais de baixo impacto ambiental como, por exemplo, de materiais recicláveis. Esse quesito tem como foco na diminuição de resíduos e no descarte consciente dos materiais.
Qualidade ambiental interna	Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC), conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.
Inovação e processos	Estimula o conhecimento sobre edifícios verdes, assim como a inovação em características de projetos não descritas nas categorias do LEED.
Créditos de prioridade regional	Promove os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.

Fonte: GBC (2017d).

Delisle, Grissome e Hogberg (2013), comentam ainda que as etapas do sistema de certificação LEED são baseadas na realização de um projeto "a ser construído". Assim, os níveis de certificação não são concedidos até o término dos projetos, pois há necessidade de serem inspecionados (DELISLE; GRISSOME; HOGBERG, 2013). Para solicitar a certificação LEED a cinco etapas que devem ser cumpridas, conforme a GBC (2017d), essas são:

- (i) Escolher a tipologia e Registo de projeto: o registro de solicitação deve ser realizado no site da USGBC e a taxa de inscrição deve ser paga. Nessa etapa, a equipe de projetos deve compreender que tipo de certificação se encaixa melhor nas características do projeto que pretende certificar;
- (ii) Coleta de informações: o time de projetos deve incluir na plataforma LEED *Online* todas as atividades do projeto, incluindo o registro e documentação de conformidade do crédito;

- (iii) Submissão: Nessa etapa, o gestor do projeto pode decidir em enviar para análise o documento em uma ou duas fases. Isto é, na primeira fase pode ser enviado o projeto piloto da obra. Já para a segunda fase os documentos podem ser entregues após a conclusão da obra;
- (iv) Análise da documentação: destina-se a análise da documentação por um consultor da GBCI. Nessa etapa, poderá solicitar-se informações adicionais ou esclarecimentos aos gestores do projeto; e
- (v) Certificação: avaliação final do projeto, declarando se o empreendimento passará a ter o selo LEED ou não. Salienta-se que nessa etapa os gestores de projeto, caso obtenham uma resposta negativa da certificação, podem pedir reanálise, e uma taxa será cobrada pela GBCI para executar esse serviço.

Conforme a GBC (2017d), o custo do sistema de certificação LEED varia de acordo com a área (m²) do empreendimento e a tipologia do projeto. Assim o custo de uma certificação LEED pode variar de US\$ 7.500 para uma obra pequena e chegar até US\$ 50.000 para um grande projeto. O custo referencia-se a taxas cobradas pela USGBC, porém pode ser acrescido caso, o gestor do projeto, opte por uma consultoria especializada (*LEED Accredited Professional - LEED AP*). O valor da consultoria é de aproximadamente 0,5 a 1% do custo da obra (GBC, 2017d). O Quadro 8 apresenta os custos da certificação LEED, a expressão (*) representa dependência da área do projeto.

Quadro 8 – Custo do sistema de certificação LEED

Etapa	Custo
Registro do Projeto junto ao USGBC	US\$ 1.200 ou US\$ 900 para membros do USGBC
Pré-Certificação (opcional)	US\$ 4.250 a US\$ 3.250
Análise de Projeto*	US\$ 2.250 a US\$ 22.500
Certificação Obra*	US\$ 750 a US\$ 5.000

Fonte: GBC (2017d).

De acordo com o relatório de avaliação global da USGBC, há mais 47.000 projetos em desenvolvimento esperando para certificação, somando mais de 10,7 bilhões de dólares brutos por m² de espaço (USGBC, 2017a). Perante a isso, o sistema de certificação LEED é considerado mundialmente como uma ferramenta de desenvolvimento econômico (USGBC,

2017a). Nos Estados Unidos, o organismo de certificação do LEED é o *Green Business Certification Inc* (GBCI). No Brasil o sistema de certificação LEED é operado pela GBC (GBC, 2017d).

2.4.5 Certificação LEED no Brasil

Como mentor do desenvolvimento de práticas sustentáveis o sistema de certificação LEED foi implantado no Brasil no ano de 2004, e sua primeira certificação foi em 2007 (USGBC, 2017b). O sistema de certificação LEED é o mais reconhecido e utilizado no país, e está presente em todo território brasileiro através dos escritórios de arquitetura e engenharia credenciados (GBC, 2016).

Nesse contexto, um estudo apresentado pela GBC (2016), sobre a comparação entre empreendimentos certificados e não certificados no Brasil, aponta que a taxa de vacância dos empreendimentos certificados LEED no país é de 7% a 9,5% menor do que em empreendimentos não certificados. Além disso, o estudo evidenciou que o valor agregado a um edifício verde, quanto ao preço médio de locação, é de R\$ 10,4/m²/mês a R\$ 28,9/m²/mês mais altos que os empreendimentos não certificados no país.

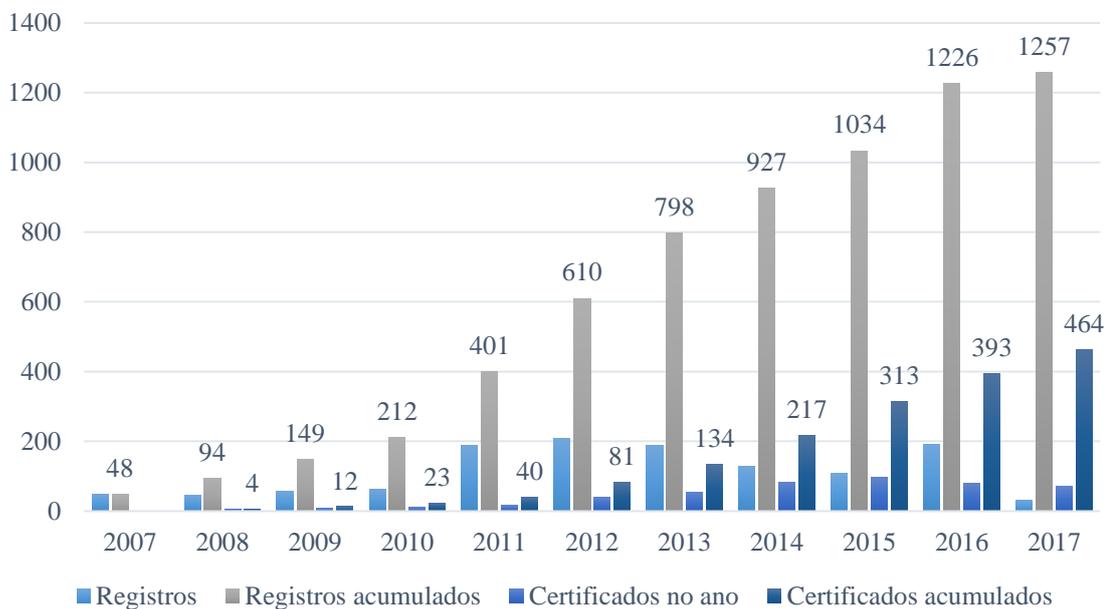
A GBC (2016), revela que a implementação do sistema de certificação LEED nos empreendimentos do país representou uma redução média de 40% no consumo de água, 30% na utilização de energia, 35% nas emissões de CO₂ e 65% na geração de resíduos (GBC, 2017b). Em 2013, a média de empreendimentos certificados no Brasil foi equivalente a 4,5 projetos por mês, e comparando os primeiros semestres de 2013 e 2014 ocorreu um crescimento de 55,55% no número de certificações (GBC, 2015).

Os resultados expressivos do Brasil, o colocam em quarto lugar na lista mundial de certificações sustentáveis LEED (GBC, 2016). Todavia, mesmo o Brasil estando em quarto lugar no ranking dos países com maior número de certificação LEED, são baixas as políticas públicas de incentivo a construção de edificações sustentáveis no país (GBC, 2016).

Os projetos que buscam essa certificação no Brasil são analisados em nove dimensões e podem ser certificados em quatro níveis (GBC, 2016). A GBC certifica edifícios residenciais, instalações industriais, laboratórios, supermercados, restaurantes, hotéis, estádios e multidesportos, edifícios públicos, centros de dados, instalações logísticas, hospitais, museus e escolas (GBC, 2017c).

A certificação LEED no Brasil trabalha com vinte duas tipologias. Dentre essas, as que possui maior número de projetos registrados são: (i) tipologia comercial, representa 42% dos projetos em registro; (ii) tipologia de centro de distribuição, representa 14,6% dos projetos em registro; (iii) tipologia de escritórios, representa 8% dos projetos em registro; e; (iv) tipologia industrial, representa 6,7% dos projetos em registro (GBC, 2017c). A Figura 8 apresenta a evolução da certificação LEED no Brasil entre os períodos de 2007 a 2016.

Figura 8 – Registros das certificações LEED no Brasil



Fonte: GBC (2017c).

A Figura 8, evidencia que no ano de 2017 o Brasil obteve uma média acumulada de 1.257 empreendimentos registrados e 464 empreendimentos certificados. Dentre esses, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, e Paraná apresentam, respectivamente, o maior número de projetos registrados LEED do país. A média acumulada desses estados é de 645 registros, para São Paulo; 213 registros no Rio de Janeiro; e; 85 registros no Paraná (GBC, 2017c). Dessa forma, o Quadro 9 apresenta as categorias do sistema de certificação LEED utilizadas no Brasil.

Quadro 9 – Categorias do sistema de certificação LEED utilizadas no Brasil

Categoria	Utilização
LEED New Construction (NC)	Utilizado para novas construções ou grandes reformas, elaborado para guiar projetos que se distinguem frente sua alta performance.
LEED Core & Shell (CS)	Utilizado por construtores e incorporadores que estão desenvolvendo o projeto para posterior venda do imóvel.
LEED Commercial Interiors (CI)	Utilizado por arquitetos e designers, apresenta a possibilidade de criar ambientes sustentáveis, independentemente de não poderem atuar na operação de todo o prédio.
LEED Neighbourhood (ND)	Utilizada para prover desenvolvimento da localização e concepção do empreendimento quanto ao cumprimento das responsabilidade ambiental e social.
LEED School	Utilizado para prover a saúde infantil, provendo soluções quanto aos quesitos de acústica, prevenções de mofo e etc.
LEED Existing Building (EB)	Utilizado para ajudar os proprietários e operadores a medir suas operações e proverem melhorias na manutenção com o objetivo de maximizar a eficiência operacional.

Fonte: GBC (2017d).

Nesse sentido, quanto as categorias do sistema de certificação LEED utilizados no Brasil (Quadro 9), as mais usuais, em número de registro, são: (i) categoria LEED Core & Shell, com 530 registros; (ii) categoria LEED New Construction (NC), com 443 registros; (iii) categoria LEED Existing Building (EB), com 108 registros; e (iv) categoria LEED Commercial Interiors (CI), com 82 registros (GBC, 2017c).

Diante desse panorama, a GBC destaca que o mercado brasileiro já iniciou uma onda verde no setor da construção civil. No entanto está faltando entender o real valor da sustentabilidade, ao qual segundo a GBC (2015), não é apenas ambiental, tem que ser técnico e econômico. Conforme a organização as certificações ambientais já identificam o maior problema da ICC no Brasil, a falta de planejamento (GBC, 2015).

3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Nesse capítulo são apresentadas as etapas que foram percorridas para atingir os objetivos desta pesquisa. Além disso, são apresentados a delimitação do estudo, a localização da unidade de análise, e os instrumentos que foram utilizados para a coleta dos dados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Estudos científicos caracterizam-se pela utilização de procedimentos metodológicos. O método é um conjunto de atividades sistemáticas que baseia e permite atingir os objetivos do trabalho com resultados coerentes (MARCONI; LAKATOS, 2010). Assim, no Quadro 10 é apresentado o enquadramento metodológico dessa pesquisa.

Quadro 10 – Enquadramento metodológico da pesquisa

Classificação da Pesquisa	Natureza	Aplicada
	Método Científico	Indutivo
	Abordagem	Qualitativa
	Objetivos	Exploratória
	Procedimentos Técnicos	Documental

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

A pesquisa é de natureza aplicada porque investigou quais eram os incrementos de tecnologia e inovação nos empreendimentos LEED. Além disso, visou introduzir melhorias quanto a compreensão dos requisitos dispostos no *checklist* do sistema de certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas (GIL, 2010). Em relação ao método científico, a pesquisa foi caracterizada como indutiva porque teve por objetivo levar a conclusões, cujo o conteúdo é mais amplo do que das premissas que se baseou (MARCONI; LAKATOS, 2010).

A abordagem do estudo foi classificada como qualitativa porque essa pesquisa teve ênfase na obtenção de informações sobre o ambiente e a relação dos aspectos globais da certificação LEED. Assim, sobre uma análise interpretativa foi possível evidenciar, descrever, decodificar e traduzir a problemática com foco nos processos do sistema de certificação LEED na região sul do Brasil (MIGUEL, 2010).

Em referência aos seus objetivos, essa pesquisa foi considerada de cunho exploratório porque apresentou como objetivo fim um método estruturado para implementar o sistema de certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções e grandes reformas na região sul do Brasil. Gil (2010), comenta que a pesquisa exploratória tem por objetivo deixar a problemática mais compreensível, de forma a facilitar a resolução dos problemas.

Quanto aos procedimentos técnicos para a elaboração dessa pesquisa, utilizou-se de uma pesquisa bibliográfica para gerar o embasamento teórico do estudo. Para Marconi e Lakatos (2010), e Gil, (2010), a pesquisa bibliográfica baseia-se em materiais que ainda não receberam um tratamento analítico e que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

3.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa teve como objeto de estudo empresas de consultoria que trabalham com projetos sustentáveis, escritórios de arquitetura e engenharia civil, e profissionais que atuam com o sistema de certificação LEED na região sul do Brasil. Essa região, compõe os seguintes estados: (i) Paraná – PR; (ii) Santa Catarina – SC; e (iii) Rio Grande do Sul – RS, esses conjuntamente possuem 46 profissionais LEED GA (*Green Associate*), o que corresponde a 13% dos especialistas LEED do país (GBC, 2017e). A pesquisa foi realizada na região sul do país, em vista que a união desses estados compõe a terceira região do Brasil com maior número de profissionais habilitados no sistema de certificação LEED (GBC, 2017e).

3.3 INSTRUMENTO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados utilizados nessa pesquisa foram coletados através de três instrumentos: (i) análise documental; (ii) visitas *in loco* a empresas de consultoria que atuam com o sistema de certificação LEED; e (iii) aplicação de questionários. Nesse sentido Gil (2010), esclarece que uma pesquisa documental utiliza de materiais que podem sofrer readequação conforme o objetivo da pesquisa. A utilização de questionários consistiu basicamente em transcrever os objetivos específicos da pesquisa em uma série de ordem de perguntas ou itens (GIL, 2010; MARCONI e LAKATOS, 2010).

Assim, a análise documental ocorreu por meio da disponibilização dos relatórios de obras pelos escritórios de arquitetura e/ou engenharia que atuam com o sistema de certificação LEED tipologia BD+C. Essa ferramenta visou identificar na fase de projeto quais foram as

principais soluções propostas aos empreendimentos, que seguem o sistema de certificação LEED BD+C, para novas construções ou grandes reformas quanto ao controle da poluição da obra, da gestão dos resíduos, da eficiência energética e do uso racional da água e de materiais.

A visita *in loco* as empresas de consultoria visou identificar os métodos, procedimentos e meios de aplicação do sistema de certificação LEED BD+C na região sul do Brasil. Essa por sua vez, também teve como objetivo fim identificar as particularidades de aplicação da certificação para a região, e mapear as principais soluções, tecnologias e inovações inseridas em projetos de edificações sustentáveis LEED BD+C no sul do país.

Assim, dentre o período de correspondência de coleta de dados dessa pesquisa, de agosto a novembro de 2017, foram realizadas quatro visitas em duas empresas de consultoria que atuam com orientações a projetos sustentáveis LEED na região sul do Brasil. Dessa forma, um planejamento de visitas foi necessário, pois a sede dessas empresas estão localizadas em cidades distintas: São Paulo – SP, Curitiba-PR e Porto Alegre – RS.

A primeira visita *in loco* ocorreu no mês de agosto na cidade de São Paulo na *Expo Green Building* Brasil, no expositor da empresa X, o tempo de duração dessa visita foi de aproximadamente vinte minutos. A segunda visita *in loco* ocorreu na cidade de Curitiba na sede da empresa Y, que é a principal empresa do ramo de consultoria LEED que atua no sul do Brasil, no mês de setembro e teve duração de aproximadamente uma hora.

A terceira visita *in loco* ocorreu no mês de outubro e foi realizada na sede da empresa X, localizada na cidade de São Paulo, e teve duração de aproximadamente quarenta minutos. A quarta visita ocorreu na filial da empresa Y, localizada em Porto Alegre, no mês de novembro, sendo que a duração média dessa visita foi de aproximadamente uma hora e meia.

Após a compreensão das particularidades da região sul do Brasil para a aplicação da certificação LEED BD+C transcreveram-se as adaptações aos questionários, terceiro instrumento de coleta de dados dessa pesquisa. Para essa etapa foi necessário submeter os roteiros dos questionários ao comitê de ética, porque a pesquisa lida, mesmo que indiretamente, com seres humanos. O parecer foi favorável como evidencia o Anexo A.

A aplicação dos questionários foi dividida em três eixos de aplicação: (i) responsáveis técnicos (engenheiros e/ou arquitetos) que implementaram algum projeto LEED BD+C; (ii) empresas de consultoria que atuem com a certificação LEED na região sul do Brasil; e, (iii) responsáveis técnicos (engenheiros e/ou arquitetos) que realizam o curso de LEED BD+C pela GBC Brasil. Optou-se em dividir a aplicação dos questionários em três eixos para responder os

objetivos fins dessa pesquisa. Dessa forma, no Apêndice A é possível visualizar a carta de apresentação da pesquisa utilizada aos questionários.

O primeiro questionário, (Apêndice B), foi destinado aos responsáveis técnicos (engenheiros e/ou arquitetos), que já tenham implementado algum projeto LEED BD+C, visando identificar na fase de projeto quais foram as principais soluções propostas para o controle da poluição da obra, da gestão dos resíduos, da eficiência energética e do uso racional da água e dos materiais. O tempo de aplicação desse questionário foi de quatro meses, correspondente ao período de agosto a dezembro de 2017, e sua aplicação ocorreu por meio de uma plataforma de questionário *online*. Como resultado da aplicação, obteve-se quinze respostas. Assim, em vista do baixo número de respondentes, utilizou-se o manual LEED v4 (USGBC, 2018b), como meio de auxílio na composição dos resultados a esse quesito.

O segundo questionário (Apêndice C), teve como objeto de análise as empresas de consultoria que atuam com a certificação LEED na região sul do Brasil. O objetivo fim da aplicação desse instrumento foi verificar quais são as tecnologias, inovações e soluções verdes utilizadas pelos responsáveis técnicos em projetos de edificações sustentáveis LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas. Assim, sua aplicação ocorreu no período de agosto a dezembro, de 2017, por meio de uma plataforma de formulários *online*, a esse questionário foram geradas e validados 55 respostas.

O terceiro questionário (Apêndice D), destinou-se aos responsáveis técnicos (engenheiros e/ou arquitetos) que realizam o curso de LEED BD+C pela GBC Brasil. A aplicação desse instrumento visou investigar, analisar e mapear a compreensão dos responsáveis técnicos habilitados sobre os requisitos do *checklist* da certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas. O período de aplicação desse questionário foi de agosto a dezembro de 2017, e sua aplicação também ocorreu por meio de uma plataforma de formulário *online*, como resultado obteve-se 125 respostas.

Desse modo, a partir das informações coletadas, os dados obtidos foram compilados pelo programa *Microsoft Excel* de forma qualitativa e os principais resultados foram apresentados por meio de um dossiê. Além disso, a compilação dos resultados do terceiro questionário juntamente com análise do *checklist* da certificação LEED BD+C (Anexo B), compuseram os meios para formulação do método estruturado para implantação da certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas na fase de projeto na região sul do Brasil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para esse tópico foi realizada uma análise dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários aos responsáveis técnicos (engenheiros e arquitetos) e as empresas de consultoria que atuam com o sistema de certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, na região sul do Brasil. Assim, nessa etapa são apresentadas as principais soluções para a poluição da obra e gestão dos resíduos na fase de projeto, verificação de quais são as tecnologias e soluções verdes introduzidas em projetos LEED BD+C, compreensão dos responsáveis técnicos quanto ao *checklist* do LEED e o método estruturado para implantação do sistema de certificação LEED BD+C.

4.1 SOLUÇÕES PARA ATINGIR O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED BD+C.

O sistema de certificação ambiental LEED, tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, inclui como exigência aos projetos que visam essa certificação um plano estratégico da adoção de medidas sustentáveis quanto ao aproveitamento da luz natural, diminuição das ilhas de calor, uso consciente da água e energia, qualidade do ar, poluição sonora e visual e utilização de um plano de gerenciamento dos resíduos, tanto do canteiro de obra quanto da utilização do edifício (USGBC, 2018b). A aplicação dessas medidas sustentáveis garante a edificação um prolongamento da sua vida útil e, conseqüentemente mudança de hábitos aos habitantes e/ou usuários.

Nesse sentido, conforme os responsáveis técnicos (engenheiros e arquitetos), entrevistados, que atuam com a certificação LEED BD+C na região sul do Brasil, um dos principais motivos por trás da introdução das medidas sustentáveis nas edificações é a possibilidade de redução de custos pelo aumento da eficiência operacional e pela valorização do patrimônio, que chega a uma média de 10% a 20%, quando comparado a uma edificação que segue os métodos construtivos convencionais. Todavia, os responsáveis técnicos alertam que projetar e construir uma obra sustentável nos requisitos do sistema de certificação LEED não depende apenas do conhecimento das tecnologias disponíveis, é preciso ter expertise para propor soluções práticas que não criem demandas extras.

Dessa forma conforme o manual do LEED v4 (USGBC, 2018b), a sustentabilidade dos projetos LEED baseia-se em atingir quatro pilares essenciais: (i) uso de sistemas inteligentes e ao sistema de refrigeração; (ii) estudo para utilização de placas solares; (iii) utilização de

lâmpadas LED de última geração; e (iv) política de boa preparação dos projetos. Nesse sentido, para concepção de projetos de edificações sustentáveis LEED há uma série de critérios de sustentabilidade que deve ser analisado.

Para projetos de interior, por exemplo, a questão de iluminação é um ponto desafiador, o mesmo ocorre para projetos de edificações de prestação de serviço (GBC, 2017a). Nesse caso, os pontos desafiadores são a eficiência hídrica e energética, pois esse tipo de edificação utiliza muito do sistema de ar condicionado e iluminação. Dessa forma, o projeto deve focar-se em minimizar as ilhas de calor, maximizar os sistemas de economia de água e energia, e projetar um sistema de refrigeração ecológico e eficiente (USGBC, 2018b).

Para minimizar as ilhas de calor, na concepção do projeto pode-se utilizar de telhado verde e/ou pintura da cobertura na cor branca, e também utilizar de vidros de alta eficiência energética (USGBC, 2018b). Todavia, caso esteja projetando uma edificação comercial, pode-se utilizar para o sistema de refrigeração um sistema de ar condicionado com expansão direta com vazão de refrigerante variável (VRV) (USGBC, 2018b).

Esse equipamento não utiliza o gás refrigerante r22 (a base de CFC), além de ser considerado eficiente tanto no quesito consumo energético quanto à disposição da qualidade do ar interior, em vista da possibilidade de trocas de ar (interior/exterior) (USGBC, 2018b). Em resumo, no universo dos projetos de interiores corporativos, as questões de iluminação e do sistema de ar condicionado sempre são desafiadoras, mas cada ambiente deve possuir na fase de projeto um tratamento específico que deve ser pensado para o usuário da edificação relacionando-se a ocupação, orientação solar e qualidade do ar interior.

Levando-se em conta esses aspectos e conforme o manual do LEED v4 (USGBC, 2018b), na fase de construção dos empreendimentos deve-se projetar utilizando estratégias que visem minimizar os impactos e resíduos causados pelo processo construtivo da obra, tais como: dique de contenção para tanque de combustíveis, baía central de triagem e acondicionamento de resíduos, destinação de resíduos para reciclagem ou reuso, proteção do solo superficial (Topsoil), lava rodas, cercas filtrantes, proteção de indivíduos arbóreos, aspersão de água nas vias de acesso, mitigação de vazamentos, criação de bacias de sedimentação para preservação dos cursos d'água e proteção dos taludes, entre outros.

Na fase de execução da obra, pode-se projetar utilizando estratégias que visem incentivar os trabalhadores a utilizar transportes coletivos para locomover-se até o canteiro de obras (GBC, 2017a). Para isso a construtora pode custear o transporte dos funcionários ou contratar uma empresa especializada, otimizando assim as emissões de CO₂ através da

minimização do uso de veículos individuais (GBC, 2017a). Além disso, no canteiro de obras pode-se introduzir bicicletários com a finalidade de incentivar o uso de transportes alternativos.

Para garantir a qualidade interna do ar na edificação deve-se proceder com alguns cuidados durante a execução da obra para garantir que as poeiras acumuladas pelos processos de construção não fiquem acumuladas em ductos de ar condicionado (GBC, 2017a). Para isso, os dutos, grelhas e difusores devem permanecer fechados durante a obra e os materiais absorventes como carpetes e tecidos devem ficar protegidos até a limpeza total da obra.

Para a eficiência hídrica pode-se adotar para a fase de obra o uso da água do lava-rodas para aspersão nas vias de acesso como meio de conter a poeira. Além disso, pode-se introduzir metais e louças com temporizadores e redutores de vazão. Outra medida é implementar no paisagismo, espécies de vegetação nativas, que possuem como característica a adaptação ao clima local, isto é, não necessitam de irrigação (USGBC, 2018b).

No quesito de eficiência energética, os responsáveis técnicos recomendam adotar nos projetos o uso de lâmpadas Led, automatização dos sistemas de iluminação por sensores, motores de alta eficiência em elevadores, conjunto moto-bomba e ar condicionado. Além de introdução no projeto de vidros eficientes com baixo fator solar e sistema de isolamento térmico na cobertura (GBC, 2017a).

Para utilização de materiais e recursos na fase de projeto deve-se planejar a utilização de materiais de construção com origem próximo ao canteiro de obras (raio de até 800 km) (USGBC, 2018b). Além disso, deve-se levar em conta as especificações de materiais com alto índice de conteúdo reciclado (cimento, aço, alumínio das esquadrias, carpete e piso lavado) (USGBC, 2018b). Não obstante, é preferível utilizar de formas metálicas e pré-moldadas como estratégia de redução de resíduos de madeira (USGBC, 2018b).

Conforme descrição no manual do LEED v4 (USGBC, 2018b), caso se utilize de madeira na obra, deve-se optar por utilizar madeiramento com certificação da *Forest Stewardship Council* (FSC). Além disso, os responsáveis técnicos entrevistados nessa pesquisa recomendam que como medida de gerenciamento dos resíduos, durante toda a fase da obra deve-se orientar os funcionários a praticarem a separação, armazenamento e realização de coleta seletiva dos materiais utilizados, com vistas a redução de resíduos através da reutilização e reciclagem de entulhos gerados pela obra com a finalidade de ampliar a vida útil dos aterros sanitários e diminuir o impacto ao meio ambiente.

4.2 TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES UTILIZADAS EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS LEED BD+C

A análise dos resultados dos questionários a esse requisito evidencia que as empresas de consultoria que atuam na prestação de serviços a clientes que estão buscando a certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes projetos, dispõem de soluções sustentáveis principalmente para redução do consumo de energia, água, emissões de CO₂ e gerações de resíduos. Conforme a tabulação dos dados, tem-se que a redução chega a 30% em energia, 50% no consumo de água, 35% na redução de emissão de CO₂ e 80% na geração de resíduos. Nesse sentido, o Quadro 11 apresenta uma síntese das principais tecnologias, inovações e soluções verdes utilizadas nos projetos LEED BD+C.

Quadro 11 – Tecnologias, inovações e soluções verdes em projetos LEED BD+C

Item	Tecnologias, inovações e soluções verdes
Eficiência hídrica	Dimensione sistemas de captação, tratamento e armazenamento da água da chuva, instalar metais e louças eficientes e de alta qualidade combinados ao tratamento e reutilização das águas de chuva para o abastecimento de todos os vasos sanitários da edificação, regas do jardim e gramado.
Eficiência energética	Utilize brises em fachadas com incidência de radiação solar, sistema de automação que controle desde o acionamento de luzes até a abertura de janelas de vidros, envoltória de telhado branco, isolamento térmico da cobertura, sombreamento e seleção do tipo de vidro. Instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia a ser consumida no empreendimento, seleção adequada de lâmpadas Led, introdução de sistema de programação horária e sensores de presença para as iluminárias, e seleção de ar condicionado de alta eficiência.
Qualidade do ar interior	Instale sensor de CO ₂ com dispositivos de medição de fluxo de ar exterior para todos os sistemas. Utilização do sistema de ar condicionado do tipo VRF. Utilização de materiais com baixos índices de toxicidade e baixa emissão de compostos orgânicos voláteis.
Geração de resíduos	Utilize e/ou reutilize os resíduos gerados na obra. Evitar o envio para aterros sanitários. Busca por fornecedores em um raio de até 800 km da obra.

Fonte: Adaptado de USGBC (2018b).

Além dessas, as principais soluções tecnológicas e de inovação dentro dos projetos LEED BD+C para novas construções ou grandes reformas são: (i) utilização do calor emitido pelos motores do ar condicionado para pré-aquecimento da água dos chuveiros; (ii) utilização de cobertura com projeção de uma camada isolante sobre as telhas e uma membrana termoplástica refletiva, com a finalidade de proporcionar conforto térmico e promover também total estanqueidade da cobertura; e; (iii) reaproveitamento da água do condensado do ar

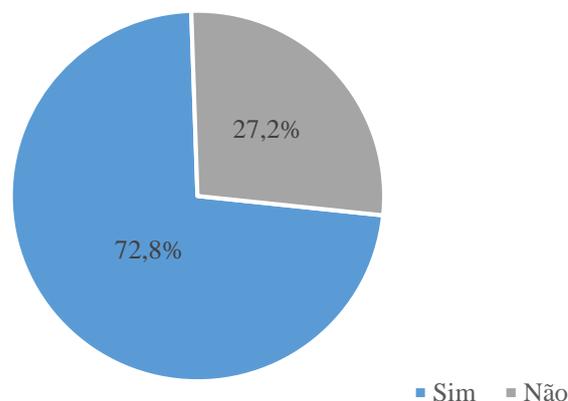
condicionado para utilização nos vasos sanitários e lavagens de calçadas ao entorno do empreendimento.

Segundo as empresas de consultoria, respondentes a essa pesquisa, o investimento em soluções sustentáveis nos empreendimentos gera além do ganho financeiro um benefício global ao ecossistema. Pois as soluções sustentáveis aprimoram a utilização sustentável dos recursos naturais e impactam positivamente nos ocupantes e/ou usuários das edificações para adoção de comportamentos pró-ambientais.

4.3 COMPREENSÃO DOS REQUISITOS DO CHECKLIST DO SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED BD+C

O sistema de certificação LEED consiste de um conjunto de normas para a avaliação da construção sustentável de uma edificação. Dessa forma, as melhorias podem advir por meio das soluções dispostas por engenheiros e arquitetos quanto aos procedimentos construtivos, materiais utilizados e inovações tecnológicas dispostas aos projetos. Tendo-se essa premissa como base, nessa etapa do estudo, esses profissionais foram interrogados quanto a sua compreensão do *checklist* do sistema de certificação LEED tipologia BD+C. Além disso, foi investigado se na opinião desses profissionais o sistema de certificação LEED é burocrático, na Figura 9 é demonstrado os resultados quanto a esse questionamento.

Figura 9 – Opinião dos profissionais a burocracia relacionada ao sistema de certificação LEED

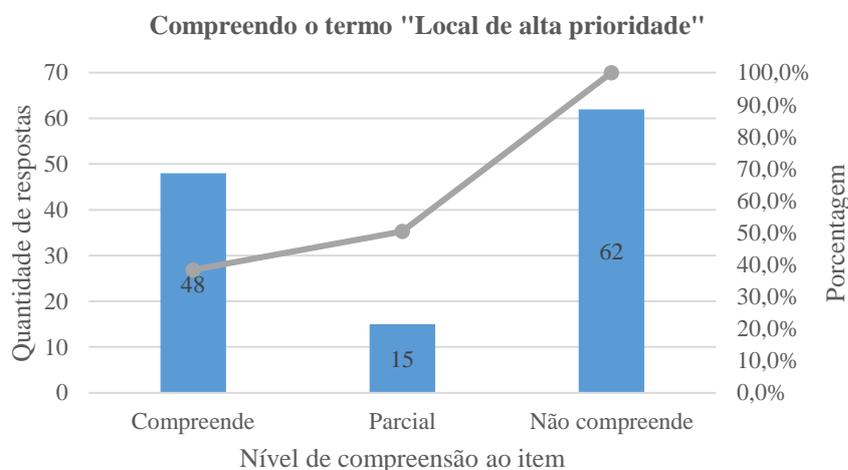


Mediante a compilação dos resultados é possível identificar que dentre os 125 respondentes desse questionário, mais de 90 profissionais consideraram o sistema de certificação LEED burocrático e apenas trinta e quatro não. Como principal resposta, quanto ao porquê o sistema de certificação LEED é considerado burocrático, tem-se a falta de auditoria em campo por parte da certificadora (GBC Brasil), e, a falta de domínio da língua inglesa por parte dos responsáveis técnicos.

No quesito de avaliação da compreensão dos responsáveis técnicos, quanto ao *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C para novas construções ou grandes reformas, obteve-se como resultado uma divergência em quatro pontos do *checklist*, dentre os cinquenta e dois existentes, esses foram: (i) local de alta prioridade; (ii) avaliação do terreno; (iii) resposta a demanda; e, (iv) redução do impacto do ciclo de vida do edifício. Essas variações demonstram que há dificuldade de compreensão nesses itens.

Assim, como meio de solucionar essa incompreensão desses quatro pontos do sistema de certificação LEED BD+C, para novas construções ou grandes reformas, é apresentado um procedimento para atingir esses itens. Desse modo, por meio de gráficos faz-se a representação das divergências na compreensão desses quatro pontos do *checklist* do sistema de certificação LEED. Na Figura 10 são apresentadas as desconformidades quanto a compreensão do item “local de alta prioridade” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.

Figura 10 – Desconformidades na compreensão do item “local de alta prioridade” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.



Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Este crédito tem por objetivo incentivar a localização de projetos sustentáveis LEED em áreas com restrições de desenvolvimento urbano com a finalidade de promover melhorias ao bairro que resultem no beneficiamento e promoção da saúde nos arredores da área. Para esse quesito é possível obter de dois a três pontos, sendo que há três meios de atingi-los, conforme descreve o Quadro 12.

Quadro 12 – Opções para o crédito “local de alta prioridade” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.

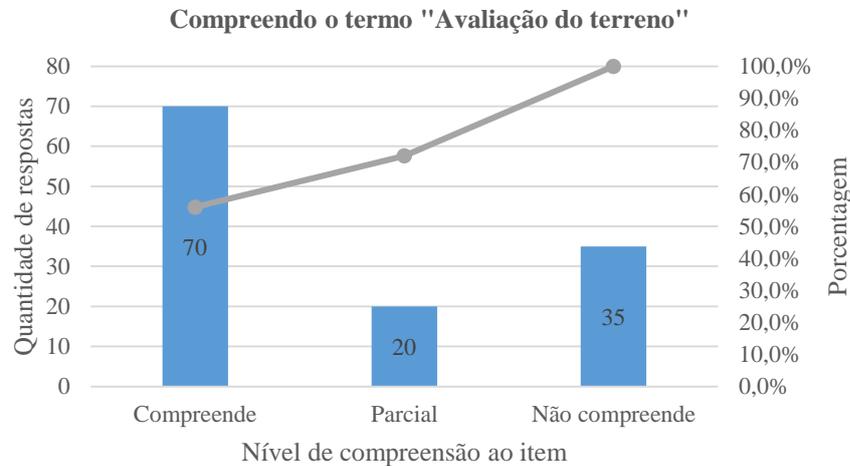
Opção	Descrição
Bairro histórico	Localize o projeto em um local de ocupação de vazios urbanos em um bairro histórico. Perante a escolha dessa opção é possível obter um ponto para projetos BD&C sem envoltória central, e/ou dois pontos para projetos com envoltória e núcleo central.
Designação prioritária	Localize o projeto em uma localidade que possua projeto de revitalização designada por programas do governo federal, e/ou em um terreno listado na lista nacional de prioridade, e/ou em uma comunidade de baixa renda qualificada para o fundo de instituições financeiras para desenvolvimento comunitário, e/ou em áreas urbanas que possuam algum programa local equivalente ao administrado em nível nacional para projetos sustentáveis. Mediante a escolha dessa opção é possível obter um ponto para projetos BD&C sem envoltória central, e/ou dois pontos para projetos com envoltória e núcleo central.
Remediação de área contaminadas	Localize o projeto LEED em um terreno no qual tenha sido identificada contaminação do solo ou da água subterrânea e para o qual a autoridade municipal, estadual ou nacional (a que tiver jurisdição) exija remediação (aplicação de técnicas e operações que tem por objetivo anular os efeitos nocivos ao meio ambiente). Execute a remediação de acordo com as exigências dessa autoridade. A escolha dessa opção gera a destinação de dois pontos para projetos BD&C sem envoltória central, e/ou três pontos para projetos com envoltória e núcleo central.

Fonte: Adaptado de USGBC (2018b).

No sistema de certificação LEED, o termo núcleo de envoltória central destina-se ao empreendedor que possui apenas controle sobre o projeto e construção das partes elétricas, mecânicas, hidráulicas e das medidas de proteções contra incêndio. Dessa forma, não compete ao empreendedor a responsabilidade sobre o projeto e construção dos espaços de locatários.

Em consonância e esse quesito, por meio de uma entrevista semiestruturada as empresas de consultoria de projetos sustentáveis que atuam com o sistema de certificação LEED BD+C, apontaram que o principal limitador para compreender os requisitos da certificação é a falta de preparo dos profissionais da construção civil em práticas e processos relacionados aos edifícios verdes. Na Figura 11 são apresentadas as desconformidades quanto a compreensão do item “local de alta prioridade” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.

Figura 11 – Desconformidades na compreensão do item “avaliação do terreno” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.



Fonte: Elaborado pelo autor/2018

O objetivo desse crédito do sistema de avaliação da certificação LEED, tipologia BD+C para novas construções ou grandes reformas, é avaliar as condições do terreno antes da concepção do projeto com a finalidade de verificar as opções sustentáveis que podem ser implementadas à edificação, e informar sobre as decisões relacionadas ao terreno. Dessa forma, para pontuar nesse quesito é necessário desenvolver uma pesquisa e avaliação documental da situação do terreno. No Quadro 13 são apresentadas as informações que devem ser analisadas.

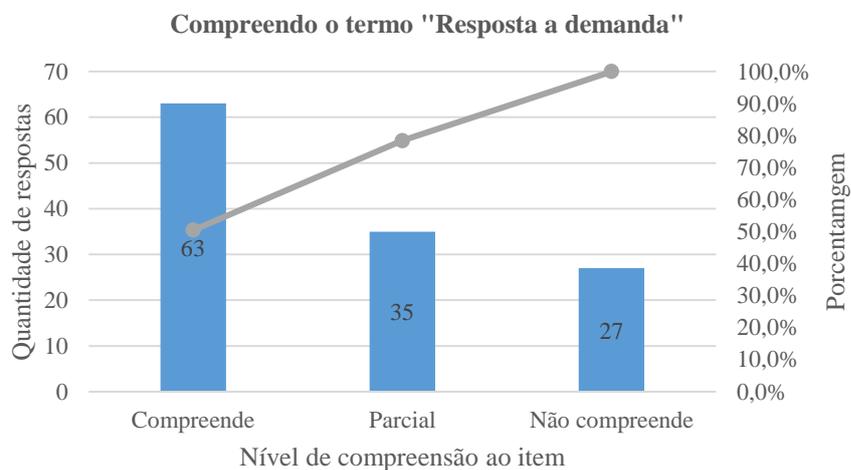
Quadro 13 – Quesitos de avaliação de terreno do sistema de certificação LEED

Tópicos	Analisar
Topografia	Mapeamento de contorno, recursos topográficos, e riscos de estabilidade de taludes.
Hidrologia	Áreas com perigo de enchente, zonas úmidas delimitadas, lagos, rios, litoral, oportunidade de coleta, e reuso da água da chuva e capacidade inicial de armazenamento da água.
Clima	Exposição solar, potencial do efeito de ilha de calor, ângulos solares sazonais, ventos predominantes, e precipitação mensal e faixas de temperaturas.
Vegetação	Tipos de vegetação existentes no local do terreno, mapeamento de árvores significativas, espécies ameaçadas de extinções, habitat exclusivo e de espécies, e plantas invasoras.
Solos	Delimitação de solos em prol de conservação dos recursos naturais.
Uso humano	Vistas, infraestrutura de transporte, propriedades adjacentes, e uso de materiais de construção com potencial de reciclagem e reuso existentes.
Efeitos na saúde humana	Proximidade do terreno com populações vulneráveis, oportunidades adjacentes de atividade física, e proximidade de grandes fontes de poluição.

Fonte: Adaptado de USGBC (2018b).

Perante isso, para esse quesito é possível obter até um ponto, sendo que para atingi-lo é necessário desenvolver uma pesquisa e avaliação documental da situação do terreno, a qual evidencie as relações entre os recursos do terreno e os tópicos listados acima. Não obstante, é necessário informar como os recursos do terreno influenciam no design do projeto da edificação e fornecer os motivos para os quais não foi investigado algum tópico. Na Figura 12 são apresentadas as desconformidades na compreensão do item “resposta a demanda” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.

Figura 12 – Desconformidades na compreensão do item “resposta a demanda” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.



Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Esse crédito tem por objetivo aumentar a participação de tecnologias e programas de resposta à demanda que tornem os sistemas de geração e distribuição de energia mais eficientes. Além disso, aumenta a confiabilidade da rede de energia elétrica e reduz as emissões de gases do efeito estufa. Dessa forma, a aplicação desse crédito no projeto LEED BD+C, para novas construções ou grandes reformas, pode gerar de um a dois pontos.

Para atingi-los é necessário que o projeto do edifício e dos equipamentos que o constitui estejam vinculados a um programa de resposta à demanda por meio de corte ou mudança de carga. Ressalva-se que a geração de eletricidade junto ao empreendimento não atende ao objetivo desse crédito. Assim, para conceber a pontuação desse crédito ao projeto LEED há dois casos possíveis, conforme apresenta o Quadro 14.

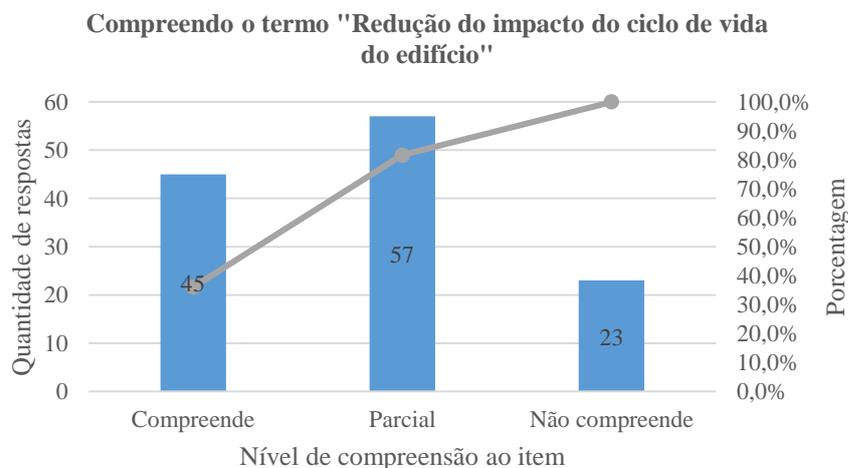
Quadro 14 – Casos para atingir do item “resposta a demanda” do sistema de certificação LEED.

Caso	Descrição
(i) Programa de resposta à demanda	É necessário participar de um programa de Resposta à Demanda (DR) existente e executar as seguintes atividades: (i) projetar um sistema de capacidade de DR totalmente automatizado em tempo real com base e início externo por um provedor de programas de DR, (ii) comprometer-se contratualmente com uma participação mínima de DR de um ano com um provedor de programas de DR qualificado; (iii) desenvolver um plano abrangente para cumprir o compromisso contratual do DR; e; (iv) incluir os processos de DR no escopo de trabalho da autoridade de comissionamento.
(ii) Programa de resposta à demanda não disponível	Forneça infraestrutura para utilizar programas de resposta à demanda futuros ou programas de definições de preços dinâmicos, em tempo real, e execute as seguintes atividades: (i) instale medidores de registros internos com comunicações ao sistema de automatização predial; (ii) desenvolva um plano abrangente para cortar pelo menos 10% da demanda de pico estimada de eletricidade do edifício; (iii) inclua os processos de DR no escopo de trabalho da autoridade de comissionamento; e; (iv) entre em contato com representantes de serviços públicos locais para discutir a participação em futuros programas de DR.

Fonte: Adaptado de USGBC (2018b).

Para o primeiro caso é possível obter dois pontos no sistema de avaliação da certificação LEED. Já para o segundo caso será possível obter um ponto. Na Figura 13 são apresentadas as desconformidades na compreensão do item “redução do impacto do ciclo de vida do edifício” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.

Figura 13 – Desconformidades na compreensão do item “redução do impacto do ciclo de vida do edifício” do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C.



Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Esse crédito do sistema de certificação LEED BD+C tem por objetivo incentivar o reuso adaptável e otimizar o desempenho ambiental de produtos e materiais utilizados no projeto. Assim, para atingir esse crédito é necessário demonstrar os efeitos ambientais reduzidos durante a tomada de decisões inicial do projeto. O nível de pontuação possível varia de dois até seis pontos, sendo que para atingi-los há quatro opções estratégicas. As diferenciações das pontuações do crédito estão relacionadas as características do projeto sustentável. Dessa forma as opções executáveis são apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15 – Opções executáveis para atingir a pontuação do crédito “redução do impacto do ciclo de vida do edifício” do sistema de certificação LEED BD+C.

Opção	Descrição
Reuso de edifício histórico	Mantenha a estrutura o envelope e elementos não estruturais internos existentes de um edifício histórico ou edifício que faça parte de um bairro histórico. Para atingimento desse item o edifício deve estar listado no registro municipal, estadual ou nacional de locais históricos. A classificação correta a esse item pode gerar cinco pontos para projetos BD+C e seis pontos para projetos que atestem envoltória e núcleo central.
Reforma de edifício abandonado ou deteriorado	Mantenha no mínimo 50%, por área superficial, da estrutura, invólucro e elementos estruturais internos do edifício existente para edifícios que atendam aos créditos locais de abandono ou são considerados deteriorados. O edifício deve ser reformado até um estado de ocupação produtiva. O cumprimento das exigências desse item pode gerar cinco pontos para projetos BD+C e seis pontos para projetos que atestem envoltória e núcleo central
Reuso de edifício e materiais	Reutilize ou recupere materiais de construção externos ou do local da obra. A reutilização dos materiais pode ser compreendida em três elos: (i) reutilização dos elementos estruturais como: pisos, plataformas/caibos de telhados; (ii) reutilização dos materiais de recinto como: revestimento, estruturas/armações; e, (iii) reutilização dos elementos internos como: paredes, portas, revestimentos de pisos. Para cada um desses a uma porcentagem de reutilização e essa por sua vez impacta na definição da pontuação ao crédito. Assim se conseguir reutilizar 25% é possível obter dois pontos para projetos BD+C e/ou dois pontos para projetos BD+C com envoltória de núcleo central. Caso atinja 50% de reutilização dos materiais é possível obter três pontos para projetos BD+C e três pontos para projetos BD+C com envoltória de núcleo central. Por fim, se o projeto atingir 75% de reutilização de materiais é possível atingir quatro pontos para projetos BD+C e cinco pontos para projetos BD+C com envoltória de núcleo central.
Avaliação do ciclo de vida de todo o edifício	Realize uma avaliação do ciclo de vida da estrutura e do recinto do projeto que demonstre uma redução de no mínimo 10%, em comparação a um edifício certificado LEED, modelo. Em pelo menos três das seis categorias de impacto ambiental (potencial de aquecimento global, destruição da camada de ozônio, acidificação da terra e fontes de água, eutrofização, formação de ozônio troposférico, e, destruição de recursos de energia não renovável). Além disso, nenhuma categoria de impacto avaliada como parte da avaliação do ciclo de vida do edifício pode aumentar mais que 5% em comparação com o edifício modelo

Fonte: Adaptado de USGBC (2018b).

Mediante a descrição detalhada para atingir o crédito de “redução do impacto do ciclo de vida do edifício” do sistema de certificação LEED BD+C e conforme as palavras dos consultores desse sistema de certificação, a chave para o sucesso em um projeto LEED BD+C, ou qualquer projeto que busque eficiência, é possuir um processo que integre todas as disciplinas em um objetivo comum. Isto é, trabalhar em conjunto buscando soluções inteligentes é o que viabiliza a técnica e efetiva uma certificação economicamente sustentável.

4.4 MÉTODO ESTRUTURADO PARA IMPLANTAR O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED BD+C

Para formulação do método levou-se como base os critérios e pontuações do *checklist* do sistema de certificação LEED tipologia BD+C para novas construções ou grandes reformas, conforme disposto no Anexo B. Assim, para cada item do *checklist* foi desenvolvido algumas soluções como meio para atender os requisitos e créditos do LEED BD+C. No Quadro 16 são apresentadas as soluções para o item inicial, localização e transporte, do *checklist*.

Quadro 16 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “localização e transporte”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Créd.	Localização do LEED	Localize o empreendimento em uma região com infraestrutura e acessibilidade a transporte público.	3 a 16
Créd.	Proteção de áreas sensíveis	Desenvolva um projeto que vise a restauração da área do terreno com espécies nativas e áreas verdes.	1 a 2
Créd.	Local de alta prioridade	Localize o empreendimento próximo a uma região densamente urbanizada e com fácil acesso a serviços básicos e pontos de ônibus com várias linhas.	2 a 3
Créd.	Densidade do entorno e usos diversos	Construa ou reforme um edifício em um terreno de forma que a entrada principal do edifício fique a uma distância de 800 metros de caminhada da entrada principal, e de pelo menos sete usos operacionais e acessíveis publicamente.	1 a 6
Créd.	Acesso a transporte de qualidade	Localize o empreendimento próximo a pontos de transporte público de qualidade (ônibus, metros, etc.)	1 a 6
Créd.	Instalações para bicicletas	Implemente no empreendimento bicicletários equipados com locais para trocas de roupa e banho.	1
Créd.	Redução da área de projeção do estacionamento	Implemente no empreendimento um estacionamento que do total de vagas, 5% seja destinado a usuários de carona solidária e veículos de baixa emissão e baixo.	1
Créd.	Veículos verdes	Para as vagas de estacionamento do empreendimento, reserve 5% dessas para veículos de baixa emissão, classificados como “A” ou “B” pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO.	1

O item “localização e transporte” do *checklist* do LEED BD+C tem por objetivo orientar a construção de projetos sustentáveis em locais adequados. Isto é, onde há infraestrutura para aplicação de técnicas que visem o aprimoramento da qualidade de vida do usuário, como, por exemplo, o incentivo de atividades físicas diárias e a redução do uso de veículos automotores e /ou da distância percorrida pelos veículos, com a finalidade de privilegiar a utilização de transportes alternativos.

Recomenda-se que para a fase de obra seja disposto incentivos ou custeio do uso de transportes públicos ou alternativos para os empregados. Além disso, procure pelo desenvolvimento de soluções que atendam a redução do impacto ambiental da construção da edificação no terreno e em seu entorno. Dessa forma, o projeto sustentável LEED deve ser localizado em um terreno cuja a densidade existente no entorno seja de até um raio de 400 metros do limite do projeto, e que esse atenda aos valores descrito no Quadro 17.

Quadro 17 – Pontos de densidade média a 400 metros do projeto LEED BD+C.

Densidade combinada	Densidade residencial	Densidade não residencial	Pontos BD+C (exceto envoltória e núcleo central)	Pontos BD+C (projetos com envoltória e núcleo central)
m ² por hectare de terreno edificável	Unidade Habitável (DU) por Hectare	Coefficiente de Aproveitamento (FAR)		
5.050	17,5	0,5	2	2
8.035	30	0,8	3	4

Fonte: USGBC (2018b).

A avaliação das condições do terreno deve ser realizada por um arborista certificado pela Associação Internacional de Arboricultura (ISA), o qual tem por objetivo prover uma orientação técnica que evite localizar o empreendimento em terrenos ambientalmente sensíveis. Não obstante, o empreendimento deve ser localizado próximo a locais que demonstrem ter opções de transportes multimodal ou de uso reduzido de veículos motorizados.

Essas exigências visam promover a redução das emissões dos gases do efeito estufa, a redução da poluição atmosférica e de outros prejuízos ambientais. Além de promover a melhoria na saúde pública da população do empreendimento e do entorno. Dessa forma, e em sequência ao desenvolvimento do método estruturado para certificação LEED BD+C para novas construções ou grandes reformas, o Quadro 18 apresenta as soluções a serem empregadas para atender o item “terrenos e transporte” do *checklist*.

Quadro 18 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “terrenos sustentáveis”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Req.	Prevenção da poluição na atividade de construção	Desenvolva medidas sustentáveis para que o entulho gerado na obra seja utilizado na própria obra, como por exemplo, para preenchimento de piso.	-
Créd.	Avaliação do terreno	Avalie as condições do terreno como meio de verificar as opções sustentáveis disponíveis. As soluções encontradas devem ser implantadas na concepção do projeto.	1
Créd.	Desenvolvimento do terreno – proteger ou restaurar habitat	Instale pisos drenantes na área externa com a finalidade de reduzir o impacto do projeto no meio ambiente.	1 a 2
Créd.	Espaço aberto	Desenvolva um projeto que favoreça áreas verdes abertas e áreas vegetadas.	1
Créd.	Gestão de água pluviais	Utilize de cisternas para fazer a captação de água da chuva.	1 a 3
Créd.	Redução de ilhas de calor	Aplice isofilme nas janelas, projete uma cobertura verde e/ou cobertura metálica branca, e utilize de piso intertravado para área de estacionamento ao invés da aplicação de asfalto.	1 a 2
Créd.	Redução da poluição luminosa	Melhore a visibilidade noturna e reduza as consequências do empreendimento para a vida animal e as pessoas.	1

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Para esse item do *checklist*, os projetistas devem atentar-se na aplicação de medidas que objetivem a redução da poluição das atividades da construção, do contingenciamento da erosão do solo, da sedimentação de hidrovias, e dos cuidados com a suspensão de poeiras no ar. Desse modo, há necessidade de criar um plano de controle de erosão e sedimentação para todas as atividades de construção associadas ao projeto, sendo que esse deve estar de acordo com as exigências do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Nesse contexto, para atingir o crédito “espaço aberto” do *checklist* o projeto deve fornecer um espaço externo superior ou igual a 30% da área total do terreno (incluindo a área de proteção do edifício). No mínimo 25% desse espaço externo deve ter vegetação ou cobertura vegetal, sendo que gramado não conta como vegetação. No entanto, para projetos com densidade de 1,5 de FAR e fisicamente acessíveis, podem ser usados telhados com vegetação extensiva para cumprir o requisito do crédito.

Para atender ao crédito de “gestão das águas pluviais” deve-se prover no projeto de medidas que visem a redução do volume de escoamento superficial e melhore a qualidade da água, replicando a hidrologia natural e o balanço hídrico do terreno. Já para o crédito “redução das ilhas de calor”, deve-se utilizar de materiais de composição vegetal, prover instalação de plantas que forneçam sombra sobre as áreas pavimentadas e/ ou proporcionar sombra por meio

da utilização dos sistemas de geração de energia, como coletores térmicos solares, fotovoltaicos e turbinas eólicas.

Aplique materiais de telhado com índices de refletância maior ou igual a 39, para telhados muito inclinados, e maior ou igual a 82 para telhados pouco inclinados. Além disso, na fase de projeto opte pelo uso de telhados com vegetação. Assim, em continuidade com o desenvolvimento do método estruturado para certificação LEED BD+C, para novas construções ou grandes reformas, o Quadro 19 apresenta as soluções a empregar para atender o item “eficiência hídrica” do *checklist*.

Quadro 19 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “eficiência hídrica”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Req.	Redução do uso de água do exterior	Para as áreas externas priorize a utilização de superfícies sem vegetação com pavimentos permeáveis. Para o paisagismo, utilize vegetação nativa, em vista da adaptabilidade ao regime pluviométrico da região do empreendimento.	-
Req.	Redução do uso de água do interior	Opte pela utilização de metais eficientes, os quais devem possuir temporizadores, redutores de vazão da água e tecnologia de duo flux (fluxos de água de três e/ou seis litros) para os vasos sanitários.	-
Req.	Medição de água do edifício	Instale hidrômetros que meçam o uso total de água potável para o edifício e os termos associados.	-
Créd.	Crédito redução do uso de água do exterior	Projete sistemas de uso eficiente da água e/ou reuso. Como exemplificação, pode-se utilizar para reduzir o consumo de água com o paisagismo um sistema de irrigação por gotejamento. Para os sanitários, mictórios e lavagem de calçadas projete um sistema de captação de água da chuva (cisterna). Além disso, priorize no projeto um sistema de reuso da água cinza para o sistema de irrigação e torres de resfriamento do ar condicionado. Por fim, instale no empreendimento uma estação de tratamento de água de reuso (ETA).	1 a 2
Créd.	Crédito redução do uso de água do interior	Aplique técnicas para prover o reuso da água, a qual pode advir de um sistema de tratamento da água de reuso (ETA). Utilize da técnica de ozonização de água para reduzir o custo com compras de desinfetantes e produtos similares para limpeza das áreas internas do empreendimento.	1 a 7
Créd.	Uso de água de torre de resfriamento	Capte a água condensada do ar condicionado para reutilização nos lavatórios, mictórios, e etc.	1 a 2
Créd.	Medição de água	Identifique oportunidades de economia adicionais de água por meio da aplicação de técnicas de rastreamento do consumo de água (hidrômetros).	1

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Diante do exposto, para atingir a esse item do *checklist* do sistema de certificação LEED BD+C deve-se aplicar medidas/ técnicas que visem a redução do consumo de água tanto no interior como ao exterior do edifício. Dessa forma, as principais medidas mitigatórias utilizadas nos empreendimentos LEED para prover a redução do consumo de água são: (i) aplicação de vegetação adaptada ao clima local; (ii) uso de válvulas redutoras de vazão de água em torneiras e chuveiros; e (iii) uso de metais e louças com tecnologia de duo flux (descarga com duplo botão de dispense de água (três litros ou seis litros)).

Para a certificadora GBC Brasil, os projetos que visam a credencial de obra certificada LEED BD+C, ao quesito eficiência hídrica, devem utilizar de medidas estratégicas para a gestão da água, a qual seja exemplificado descritivamente as oportunidades de economia adicionais de consumo de água no empreendimento. Assim, devem ser instalados hidrômetros permanentes que meçam o uso total de água potável para o edifício por meio de sistemas manuais ou automáticos. Os dados coletados devem ser compilados em resumos mensais. No Quadro 20 são apresentadas as soluções a ser empregadas para atender o item “inovação” do *checklist*.

Quadro 20 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “inovação”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)	Soluções a empregar para atender ao item	Pontos	
Créd.	Inovação	Utilize de brises metálicos para proteção solar e tecnologia anticalor na fachada. Implemente sensores de índice de CO ₂ que emitem um alerta à administração predial todas as vezes em que a concentração de CO ₂ ficar acima do padrão de qualidade do ar.	1 a 5
Créd.	Profissional Acreditado LEED	Realize um curso de LEED BD+C acreditado pela GBC.	1

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

O item inovação do sistema de certificação LEED BD+C é dependente das características de usabilidade, disposição cartográfica do projeto e clima da localidade do empreendimento sustentável. Dessa forma, a inserção de inovações nos edifícios que buscam a certificação LEED BD+C são totalmente dependentes das expertises dos responsáveis técnicos (engenheiros e arquitetos) e das empresas de consultoria de empreendimentos verdes.

Dessa forma, dentre as principais soluções técnicas dispostas para atender esse item do *checklist*, tem-se: (i) utilização do calor emitido pelos motores do ar condicionado para pré-aquecimento da água dos chuveiros; (ii) utilização de cobertura com sistema TPO (aplicação uma camada isolante sobre as telhas e uma membrana termoplástica refletiva), essa proporciona

mais conforto térmico e estanqueidade para a cobertura; e (iii) implementação de sistema automatizado para regular o funcionamento das luminárias de periferia de acordo com a luminosidade externa. No Quadro 21 são apresentadas as soluções a ser empregadas para atender o item “energia e atmosfera” do *checklist*.

Quadro 21 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “energia e atmosfera”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Req.	Comissionamento fundamental e verificação	Desenvolva <i>checklists</i> para as etapas de construção do empreendimento, procedimentos de testes de sistemas e relatórios com conclusões e recomendações de todo processo construtivo do edifício.	-
Req.	Desempenho mínimo de energia	Utilize de <i>software</i> de simulação de desempenho térmico e energético da edificação ao longo de um ano. Com os resultados verifique qual sistema de climatização será mais eficiente, quais paredes precisarão de isolamento térmico e qual o tipo de vidro que deve ser utilizado na construção.	-
Req.	Medição de energia do edifício	Implemente sistemas de automatização e controle predial que permita a medição e verificação <i>online</i> do consumo de energia do empreendimento.	-
Req.	Gerenciamento fundamental de gases refrigerantes	Instale controladores de concentração de CO ₂ no empreendimento. Não utilize gás refrigerante a base de clorofluorcarbono (CFC).	-
Créd.	Comissionamento avançado	Implemente sistemas automáticos de controle solar, intensidade e qualidade de iluminação com possibilidade de ajustes para cada época do ano, horário do dia, condição climática e tarefas a ser executadas. Instale as luminárias próximas ao nível de trabalho.)	2 a 6
Créd.	Otimizar desempenho energético	Utilize de sistema de automatização da iluminação, por meio de sensores de presença, instalação de vidros insulados e controladores automáticos de luz externa. Instale no empreendimento ar condicionados de alta performance, lâmpadas LED em todas as luminárias, e elevadores com recuperação de energia e chamada inteligente. Priorize no projeto o aproveitamento da iluminação natural e aplique película com filtro de radiação solar nas áreas envidraçadas.	1 a 20
Créd.	Medição de energia avançada	Instale um sistema automatizado de distribuição de energia com a finalidade de otimizar o consumo e a demanda de energia elétrica por setores no empreendimento.	1
Créd.	Resposta à demanda	Utilize no empreendimento de um programa automatizado de resposta à demanda por meio de corte e/ou mudança de carga energética.	1 a 2
Créd.	Produção de energia renovável	Implemente sistemas de geração de energia solar por meio de painéis com células fotovoltaicas.	1 a 3
Créd.	Gerenciamento avançado de gases refrigerantes	Para os sistemas de condicionantes priorize os que utilizam gases ecológicos e que atendam aos requisitos de eficiência da norma ASHRAE 90.1.	1
Créd.	Energia verde e compensação de carbono	Utilize de painéis solares para aquecimento das águas a serem utilizadas em lavatórios, chuveiros e cozinha.	1 a 2

Para esse item do *checklist* da certificação LEED BD+C deve-se priorizar a redução dos prejuízos ambientais e econômicos do uso excessivo de energia. Portanto, na concepção do projeto deve-se utilizar técnicas de simulação de uso energético do edifício e dos sistemas com a finalidade de prover um nível mínimo de eficiência energética ao empreendimento. Para a fachada pode-se utilizar vidros de alto desempenho térmico, que irão reduzir a radiação de calor e aumentar a reflexão da luz natural no ambiente. No Quadro 22 são apresentadas as soluções a ser empregadas para atender o item “materiais e recursos” do *checklist*.

Quadro 22 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “materiais e recursos”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Req.	Armazenamento e coleta de recicláveis	Introduzir plano de coleta seletiva de resíduos recicláveis e não recicláveis ao empreendimento.	-
Req.	Plano de gerenciamento da construção e resíduos de demolição	Prover um plano de gerenciamento que verifique a temperatura e a quantidade gases gerados pelos equipamentos que estão utilizando na área interna da obra. Prover de treinamentos aos empregados para conscientizar do plano de gerenciamentos de resíduos. Destinar os resíduos como madeira, aço, resto de tijolos e argamassa, papel/ papelão, plástico e material contaminado (tintas e outros materiais químicos) em docas separadas.	-
Créd.	Redução do impacto do ciclo de vida do edifício	Utilizar materiais sustentáveis na para construção do edifício, com demonstração por parte do fornecedor do ciclo de vida do produto (tempo de usabilidade e descarte adequado).	2 a 6
Créd.	Divulgação e otimização de produto do edifício – declarações ambientais de produto	Utilize na concepção e construção do empreendimento de mobiliário, portas e esquadrias de madeira com certificação da <i>Forest Stewardship Council</i> (FSC).	1 a 2
Créd.	Divulgação e otimização de produto do edifício – origem matérias-primas	Utilize de materiais reciclados ou que tenham parte de sua composição ou conteúdo reciclado. Adquirir materiais de fornecedores próximos a sua obra em um raio de até 800 km do local da construção.	1 a 2
Créd.	Divulgação e otimização de produto do edifício – ingredientes do material	Utilize de tintas à base de água para pinturas internas, cimento com adição de escória de alto forno, madeiras de reflorestamento ou de manejo sustentável.	1 a 2
Créd.	Gerenciamento da construção e resíduos de demolição	Siga as estratégias apontadas na Resolução Federal nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Desvie de aterros os resíduos gerados durante a fase de construção. Encaminhe-os para reciclagem de acordo com sua tipologia: A, B, C ou D.	1 a 2

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Para atendimento desse item do *checklist* da certificação LEED BD+C deve-se prover de um plano de gestão dos resíduos da construção do empreendimento que vise: (i) reduzir os resíduos da construção ou demolição; (ii) desviar os resíduos de aterros sanitários ou instalações

de incineração; e (iii) recuperar, reutilizar e reciclar os resíduos da obra. Conforme a USGBC (2018), todos os materiais a serem utilizados na obra podem ter seus compostos químicos identificados e seus níveis de poluição monitorados por uma consultoria especializada. No Quadro 23 são apresentadas as soluções a ser empregadas para atender o item “qualidade do ambiente interno” do *checklist*.

Quadro 23 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “qualidade do ambiente interno”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Req.	Desempenho mínimo da qualidade do ar interior	Atender as especificações da norma ASHRAE 62.1. Utilizar de medidores de vazão de ar junto a tomada de ar externo, a para proporcionar o controle dos níveis de CO ₂ no ambiente.	-
Req.	Controle ambiental da fumaça de tabaco	Proibir o fumo em um raio de 14 metros da entrada do lobby do empreendimento.	-
Créd.	Estratégias avançadas de qualidade do ar interior	Utilize de um sistema de ar condicionado com expansão direta de vazão refrigerante variável (VRV). Esse sistema garante trocas de ar (interna/externa) com filtros de controle de poeiras e resíduos. Além de constar com automatização e controle de presença e gás refrigerante ecológico.	1 a 2
Créd.	Materiais de baixa emissão	Utilize de materiais com baixos índices de toxicidade e baixa emissão de compostos orgânicos voláteis.	1 a 3
Créd.	Plano de gestão da qualidade do ar interior da construção	Proteja os dutos do ar e troca de filtros da poeira e umidade na fase de obra. Utilize de lixadeiras com aspirador de pó acoplado. Na fase de concepção do edifício projete, para os ambientes internos, materiais atóxicos e inodoros.	1
Créd.	Avaliação da qualidade do ar interior	Implemente protocolos de limpeza.	1 a 2
Créd.	Conforto térmico	Na concepção do projeto utilize de vidros laminados com refletância a radiação de espessura de 10 a 14 milímetros. Priorize o uso de materiais isolantes térmicos, ventilação natural, através de lanternins, e, a pintura branca do telhado com aplicação de lã de vidro ensacada na parte inferior.	1
Créd.	Iluminação interna	Utilize no projeto lâmpadas eficientes (LED) ou lâmpadas de alto desempenho (T5). Concomitantemente aplique um sistema de controle automático das luminárias internas.	1 a 2
Créd.	Luz natural	Priorize a refletância da iluminação natural com grandes janelas ou áreas envidraçadas.	1 a 3
Créd.	Vistas de qualidade	Priorize no projeto ambientes (abertos e fechados) com visibilidade para paisagens externas. Localize os ambientes de longa permanência próximos a janelas, com a finalidade de otimizar o uso de iluminação natural e oferecer maior qualidade de vida aos usuários.	1 a 2
Créd.	Desempenho acústico	Utilize de materiais de alta qualidade (absorventes de ruídos), com a finalidade de proporcionar um nível acústico e excelência ao empreendimento.	1 a 2

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Esse item do *checklist* da certificação LEED BD+C para novas construções ou grandes reformas visa contribuir no conforto e bem-estar dos ocupantes do edifício. Assim, deve-se

estabelecer padrões mínimos para qualidade do ar interior, como exemplificação, pode-se utilizar da aplicação de sensores nas janelas com a finalidade de permitir a abertura da ventilação natural caso a temperatura ambiente esteja agradável. Essa medida reduz o uso do ar condicionado e melhora a qualidade do ar interior do ambiente. No Quadro 24 são apresentadas as soluções a ser empregadas para atender o item “prioridade regional” do *checklist*.

Quadro 24 – Método estruturado para o LEED BD+C - item “prioridade regional”.

Requisito (Req.) / Crédito (Cred.)		Soluções a empregar para atender ao item	Pontos
Créd.	Prioridade regional específico	Utilize na obra de materiais extraídos até 800 km de distância do local de construção do empreendimento, afim de reduzir o impacto ambiental gerado pelo transporte motorizado.	4
Créd.	Prioridade regional específico	Adote uma política de conduta para fornecedores, que inclua a não exploração de mão de obra infantil e escrava, o respeito ao meio ambiente e as florestas tropicais, e o cuidado com o bem-estar dos animais.	

Fonte: Elaborado pelo autor/2018

Esse item do *checklist* do sistema de certificação LEED tipologia BD+C para novas construções ou grandes reformas visa oferecer incentivo para obtenção de créditos que abordem a prioridade ambiental, a igualdade social e a promoção da saúde pública no entorno do empreendimento. Dessa forma, os créditos de prioridade regional estão vinculados a medidas que minimizem o impacto da obra ao meio ambiente e a sociedade do entorno. Assim, para a concepção do pré-projeto, projeto e durante as fases de execução da obra da edificação deve-se identificar e utilizar de oportunidades sinérgicas para alcançar metas de sustentabilidade ao empreendimento que explorem a redução do uso dos recursos naturais.

Portanto, a aplicação dos requisitos e critérios exigidos para concepção de um projeto sustentável LEED, tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, deve maximizar a adoção de técnicas integradas e oportunidades econômicas que enfatizem a saúde humana como critério de avaliação fundamental da estratégia do projeto, construção e operação do empreendimento. O que infere, que a aplicação de soluções inovadoras em projeto de construção verde são elementos mitigadores dos desperdícios de matérias, de tempo, e de recursos financeiros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar o trabalho, primeiramente serão expostas as conclusões do estudo, e posteriormente serão apresentadas as sugestões para trabalhos futuros. Além disso, nesse capítulo serão verificados se os objetivos do trabalho foram cumpridos.

5.1 CONCLUSÃO

Nesse trabalho foram investigadas as tecnologias, inovações e a aplicação do sistema de certificação LEED BD+C para novas construções ou grandes reformas. Dentre os resultados obtidos por meio da pesquisa tem-se que os responsáveis técnicos (engenheiros e arquitetos) consideram o sistema de certificação LEED burocrático. Dessa forma, denotou-se que a investigação da problemática dessa pesquisa cumpre com o objetivo do estudo, pois o trabalho focou-se principalmente na melhoria de compreensão dos requisitos do sistema de certificação LEED por meio da construção de um método estruturado para o sistema de certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas.

Além disso, por meio dessa pesquisa ficou notório que a introdução de tecnologias e inovações nos projetos LEED estão direcionadas ao aumento da performance do edifício, a redução dos custos de operação, ao uso eficiente dos recursos naturais, e a mitigação dos impactos ambientais da construção do empreendimento na obra e no seu entorno. Assim, conclui-se, tendo-se como base o *checklist* para acreditação da edificação ao sistema de certificação LEED, que as principais soluções para o controle da poluição da obra, da gestão dos resíduos e da eficiência energética e hídrica são: (i) dimensionar sistema de captação, tratamento e armazenamento da água da chuva; (ii) instalar painéis fotovoltaicos para geração de energia a ser consumida no empreendimento; (iii) utilizar materiais com baixos índices de toxicidade e baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; e (vi) buscar por fornecedores em um raio de até 800 km da obra.

Para o uso de tecnologias, inovações e soluções verdes as principais soluções são: (i) utilizar do calor emitido pelos motores do ar condicionado para pré-aquecimento da água dos chuveiros; (ii) utilizar na cobertura uma camada isolante sobre as telhas e uma membrana termoplástica refletiva; e (iii) implementar um sistema automatizado para regular o funcionamento das luminárias de periferia de acordo com a luminosidade externa. Dessa forma, pode-se concluir que os projetos sustentáveis LEED otimizaram os custos de operação do

empreendimento por meio da utilização de materiais e procedimentos sustentáveis e pela implementação de tecnologias que possibilitam aos ocupantes do edifício reduzir o consumo de energia, água, e outros recursos ambientais.

Por fim, conclui-se que as soluções tecnológicas e de inovação para atingir aos itens do *checklist* do sistema de certificação LEED tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas, não são difíceis de implementar. Além disso, denota-se que a visão de que o sistema de certificação LEED é burocrático está vinculada a falta de habilidade com a língua inglesa, da credenciadora (GBC). Ou seja, a dificuldade burocrática descrita pelos profissionais do ramo da construção no Brasil está direcionada à tradução dos requisitos do *checklist* da certificação.

Dessa forma, estimasse que com a publicação desse método tenha-se esclarecido os itens básicos para atingir a acreditação LEED, tipologia BD+C, para novas construções ou grandes reformas. Além disso, espera-se que com o método proposto os empreendedores da ICC do Brasil possam atingir os níveis de certificação da GBC para certificação LEED aos seus projetos de edifícios sustentáveis.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por fim sugere-se a realização de novos estudos sobre o tema, buscando avaliar sistematicamente a aplicação do presente método estruturado, desenvolvido nesse trabalho, em obras com características construtivas similares, na região sul do Brasil. Dessa forma, será possível medir o desempenho do método quanto ao nível de acreditação (certificado, prata, ouro e/ou platina) no sistema de certificação LEED, tipologia BD+C para novas construções ou grandes reformas da GBC Brasil. A viabilização deste estudo é pertinente visto que a indústria da construção civil no Brasil está atrasada na concepção de projetos sustentáveis quando comparada com países desenvolvidos.

REFERÊNCIAS

- AKTAS, B.; OZORHON, B. Green Building Certification Process of Existing Buildings in Developing Countries: Cases from Turkey. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 6, 2015.
- ANTÓN, L. Á.; DÍAZ, J. Integration of Life Cycle Assessment in a BIM Environment. **Procedia Engineering**, v. 85, p. 26-32, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814018918>>. Acesso em: 15, jan. 2017. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.525
- ARIF, Q. L. M. S. N. T. M. Constructors and innovation credits in green building projects. **Construction Innovation**, v. 13, p. 320–338, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais- Desempenho-parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- AZZI, M.; DUC, H.; HÁ, Q. P. Toward sustainable energy usage in the power generation and construction sectors – a case study of Australia. **Automation in Construction**, v. 59, p. 122-127, 2015.
- AZIZI, N. S. M.; WILKINSON, S. Motivation Factors in Energy Saving Behaviour between Occupants in Green and Conventional Buildings—Malaysia Case Study. **International Journal of Environmental Science and Development**, v.6 (7), p. 491, 2015.
- BARBA, D. J.; GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. L. Sustainability Assessment in Conventional and Industrialized Systems Built in Brazil. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 144–149, 2015.
- BETTS, M., et al. **Global Construction 2020: a Global Forecast for the Construction Industry over the Next Decade**. Global Construction Perspectives and Oxford Economics, London, 2011.
- BIRKENFELD, B., et al. Quantifying the hidden benefits of high-performance building. **International Society of Sustainability Professionals Insight**, p.2-19, 2011.
- BORK, C. A. S.; BARBA JUNIOR, D. J. D.; GOMES, J. DE O. Social life cycle assessment of three companies of the furniture sector. **Procedia CIRP**, v.29, p. 150- 155, 2015.
- BOSCHMANN, E. E.; GABRIEL, J. N. Urban sustainability and the LEED rating system: case studies on the role of regional characteristics and adaptive reuse in green building in Denver and Boulder, Colorado. **The Geographical Journal**. v. 179, p.221–33, 2013.
- BRASIL. Lei nº 6.938, 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 13, jan. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda 21 Global. **Cooperação internacional para acelerar o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento e políticas**

internas correlatas. Capítulo 2. Brasília, 2017a. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 12, jan. 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Relatório Final. **Balanco energético nacional.** Capítulo 7. Brasília, 2017b. Disponível em:
<https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 18, jan. 2018.

BÜHLER, D.; SCHUETZE, T.; JUNGE, R. Towards Development of a Label for Zero Emission Buildings: A Tool to Evaluate Potential Zero Emission Buildings. **Sustainability.** v.7, p.5071–5093, 2015.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Déficit habitacional total, relativo e por componentes – Brasil, regiões, uf e regiões metropolitanas.** 2017a. Disponível em:
<<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>> Acesso em: 15, fev. 2017.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Participação (%) da indústria da construção na população ocupada.** 2017b. Disponível em: <
<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>> Acesso em: 15, fev. 2017.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da Construção.** 2017c. Disponível em:
<www.cbic.org.br/arquivos/Guia_de_Boas_Praticas_em_Sustentabilidade_CBIC_FDC.pdf>. Acesso em: 15, fev 2017.

CHANG, W.; HONG, T. Statistical analysis and modeling of occupancy patterns in open-plan offices using measured lighting-switch data. **Building Simulation**, v. 5(1), p.23-32, 2013.

CHANG, R.-D. et al. Evolving theories of sustainability and firms: History, future directions and implications for renewable energy research. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, n. November 2015, p. 48–56, 2017.

CHOI, J. O. et al. LEED Credit Review System and Optimization Model for Pursuing LEED Certification. *Sustainability*, p. 13351–13377, 2015.

CHOU, J.-S.; YEH, K.-C. Life cycle carbon dioxide emissions simulation and environmental cost analysis for building construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 101, p.137-147, 2015.

COLE, R. J.; VALDEBENITO, M. J. The importation of building environmental certification systems : international usages of BREEAM and LEED. **Building Research & Information**, v. 41, p. 662–667, 2013.

COUTINHO, S. M.; VIEIRA, D. R. Perceptions of Sustainability in Civil Construction Projects : Analysis of Brazilian Construction Sites. **The Journal of Modern Project Management**, n. August, p. 71–81, 2014.

DE CONTO, V. **O caminho para a sustentabilidade socioambiental de HIS via selo Casa Azul Caixa**. 2017. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

DAY, J. K.; GUNDERSON, D. E. Understanding high performance buildings : The link between occupant knowledge of passive design systems , corresponding behaviors , occupant comfort and environmental satisfaction. **Building and Environment**, v. 84, p. 114–124, 2015.

DELISLE, J.; GRISSOM, T.; HOGBERG, L. An empirical study of the behavioural response of developers and investors to the LEED rating system. **Journal of Property Investment & Finance**, v. 31, p. 10–40, 2013.

DRIZA, P.-J. N.; PARK, N.-K. Occupant satisfaction in LEED-certified higher education buildings. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 3, p. 233–236, 2014.

DURAN, D. C. et al. The objectives of sustainable development - ways to achieve welfare. **Procedia Economics and Finance**, v. 26, n. 15, p. 812–817, 2015.

EILERS, H. et al. Impact of sustainability on business performance and strategy for commercial building contractors. **World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development**, v. 12, n. 4, p. 323–343, 2016.

EKINCIOGLU, O. et al. Approaches for sustainable cement production – A case study from Turkey. **Energy and Buildings**, v. 66, p. 136-142, 2013.

EUSTÁQUIO, J.; ALVES, D. Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quinquênio (2015-2030) do século XXI. **Revista Brasileira de Estudos População**, v. 32, n. 3, p. 587–598, 2015.

FAULCONBRIDGE, J. Mobilising sustainable building assessment models : agents, strategies and local effects. **Royal Geographical Society**, v. 47, p. 116–123, 2015.

FLOREZ, L.; CASTRO-LACOUTURE, D. Optimization model for sustainable materials selection using objective and subjective factors. **Materials & Design**, v.46, p.310–321, 2013.

FUERST, F.; GABRIELI, T.; MCALLISTER, P. A green winner – a curse? Investor behavior in the market for eco-certified office buildings. **Economic Modelling**, v. 61, n. December 2016, p. 137–146, 2017.

GAVIAO, L. O.; LIMA, G. B. A. Indicadores de sustentabilidade para a educação básica por modelagem fuzzy. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 274–297, 2015.

GBC. Green Building Council. **Anuário 2015: certificações**. Revista GBC Brasil, ano 2, n. 4, jul. 2015. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/revistas.php>> Acesso em: 01, fev. 2017.

GBC. Green Building Council. **Anuário 2016: certificações**. Revista GBC Brasil, ano 3, n. 9, jul. 2016. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/revistas.php>> Acesso em: 30, jan. 2017.

GBC. Green Building Council. **Anuário 2017: certificações**. Revista GBC Brasil, ano 4, n. 14, jul. 2017a. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/revistas.php>> Acesso em: 10, Ago. 2017.

GBC. Green Building Council. **Pib da construção civil avança no Brasil**. Revista GBC Brasil, ano 1, n. 1, ago. 2014. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/revistas.php>> Acesso em: 08, fev. 2017.

GBC. Green Building Council. **Certificação LEED**. 2017b. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>> Acesso em: 04, fev. 2017.

GBC. Green Building Council. **Certificado LEED: gráficos de crescimento no Brasil**. 2017c. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/graficos-empresendimentos.php>> Acesso em: 28, dez. 2017.

GBC. Green Building Council. **Perguntas frequentes**. 2017d. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/faq.php>>. Acesso: 18, mar. 2017.

GBC. Green Building Council. **6º Greenbuilding Brasil Conferência internacional**. 2017e. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=116>>. Acesso em: 15, fev. 2017.

GBC. Green Building Council. **Tipologias LEED**. 2017f. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/tipologia-leed.php>>. Acesso em: 15, fev. 2017.

GBC. Green Building Council. **LEED BD+C**. 2017g. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/leed-BDC.php>>. Acesso: 18, mar. 2017.

GIAMA, E.; PAPADOPOULOS, A. M. Assessment tools for the environmental evaluation of concrete, plaster and brick elements production. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 75–85, 2015.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo. 5º Ed. Editora: Atlas. 2010.

IACONO, A.; ALMEIDA, C. A. S.; NAGANO, M. S. Interação e cooperação de empresas incubadas de base tecnológica: uma análise diante do novo paradigma de inovação. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 5, p. 1485-1516, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010, características gerais da população, região e pessoas com deficiência**. 2010. Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 16, fev. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mudanças demográficas no Brasil no início do século XXI, subsídios para as projeções da população**. 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv93322.pdf>> Acesso em: 15, fev. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. 2017a. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 15, fev. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CUB médio do Brasil por m²: Brasil e regiões geográficas – global**. 2017b. Disponível em:

<<http://www.cbicdados.com.br/menu/custo-da-construcao/cub-medio-brasil-custo-unitario-basico-de-construcao-por-m2>>. Acesso em: 16, fev. 2017.

ICS. Instituto Clima e Sociedade. **Edifícios de baixo carbono no Brasil, aspectos e subsídios para programas nacionais**. 2017. Disponível em: <http://mitsidi.com/wp-content/uploads/2017/08/2017-08-10_Relat%C3%B3rio-iCS_v7.pdf>. Acesso em: 18, jan. 2018.

JIN, R; CHEN, Q.; SOBOYEJO, A. A survey of the current status of sustainable concrete production in the U.S. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p. 148-159, 2015.

KASAI, N.; JABBOUR, C. J. C. Barriers to green buildings at two Brazilian Engineering Schools. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 3, n. 1, p. 87–95, 2014.

KHASHE, S. et al. Influence of LEED branding on building occupants' pro environmental behavior. **Building and Environment**, v. 94, p. 477–488, 2015.

KIENTZEL, J.; KOK, G. Environmental Assessment Methodologies for Commercial Buildings: An Elicitation Study of U.S. Building Professionals' Beliefs on Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). **Sustainability**, v. 3, p.2392–2412, 2011.

LAM, J. Z.; BISWAS, T.; WANG, H. Article information. **Construction Innovation**, v. 15, p. 313–332, 2015.

LIU, S.; MENG, X.; TAM, C. Building information modeling based building design optimization for sustainability. **Energy Build**, v.105, p.139–153, 2015.

LONG, M. **LEED V4, the Newest Version of LEED Green Building Program Launches at USGBC's Annual Greenbuild Conference**. 2013. Disponível em:

<<http://www.usgbc.org/articles/leed-v4-newest-version-leed-green-building-program-launches-usgbc%E2%80%99s-annual-greenbuild-confe>>. Acesso em: 15, fev. 2017.

LONG, M. **USGBC and Qatar GBC Highlight Importance of Green Buildings Alongside UN Climate Negotiations at Msheireb Enrichment Centre**. Washington, 2012. Disponível em:

<<http://www.usgbc.org/articles/usgbc-and-qatar-gbc-highlight-importance-green-buildings-alongside-un-climate-negotiations->>. Acesso em: 10, mar. 2017.

LOPES, E. B. et al. **Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho ANBT NBR 15.575**. 2014. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>. Acesso em: 18, fev. 2017.

LU, Y.; ZHANG, X. Corporate sustainability for architecture engineering and construction (AEC) organizations: framework, transition and implication strategies. **Ecological Indicators**, v.61, p. 911-922, 2016.

LU, Y.; ZHU, X.; CUI, Q. Effectiveness and equity implications of carbon policies in the United States construction industry. **Building and Environment**, v. 49, n. 1, p. 259–269, 2012.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 320 p., 2010.

MARJABA, G. E.; CHIDIAC, S. E. Sustainability and resiliency metrics for buildings - Critical review. **Building and Environment**, v. 101, p. 116–125, 2016.

MARSHALL, S. K. et al. Methodology for Estimating Emissions Inventories for Commercial Building Projects. **American Society of Civil Engineers**, p. 251–260, 2013.

MIGUEL, C. P. A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro. 1º Ed. Editora Elsevier, 2010.

MOKHTAR AZIZI, N. S.; WILKINSON, S.; FASSMAN, E. Strategies for improving energy saving behavior in commercial buildings in Malaysia. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 22 (1), p.73-90, 2015.

MONTOYA, M.P. **Green Building Fundamentals**. New Jersey, 2º Ed., 2011.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 380p.

MUNSAMI, K.; PRASAD, D.; DING, L. The Role of Post Occupation Evaluation in Achieving High Performance Buildings through Diagnostics. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 356–364, 2017.

NAHMENS, I.; IKUMA, L. H. Effects of Lean Construction of Sustainability of Modular Homebuilding. **Jouranal of Architectural Engineering**, p.155-163, 2012.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Carbono dioxide**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>>. Acesso em: 17 Jan. 2018.

NETO, J. V.; FARIAS FILHO, J. R. Sustainability in the civil construction industry : an exploratory study of life cycle analysis methods. **International Journal Environmental Technology and Management**, v. 16, p. 420–436, 2013.

OFORI-BOADU, A. et al. Exploration of management practices for LEED projects Lessons from successful green building contractors Management of. **Structural Survey**, v. 30, p. 145–162, 2013.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Convenção Quadro sobre Mudança do Clima**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: 18, fev. 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Energy Efficiency in Buildings: Key Element of Global SD Agenda**. 2012. Disponível em: <<http://www.uncsd2012.org/index>>. Acesso em: 16, fev. 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 20, fev. 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis**. 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>>. Acesso em: 18, jan. 2018.

OWENS, B. et al. **LEED v4 Impact Category and Point Allocation Process**. Washington, 1º Ed. Green Building Council, p. 16, 2013.

PUSKAS, A.; MOGA, L. M. Sustainability of reinforced concrete frame structures - A case study. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 10, n. 2, p. 165–176, 2015.

RASHID, M.; SPRECKELMEYER, K.; ANGRISANO, N. J. Green buildings, environmental awareness, and organizational image. **Journal of Corporate Real Estate**, v.14, p. 21-49, 2012.

RICHARDS, J. GREEN BUILDING: A Retrospective on the History of LEED Certification. **Sustainable Industries Magazine**, 2012. Disponível em: <<http://enviroinstitute.org/wp-content/uploads/2012/09/SI-Retrospective-LEED-IEE-final.pdf>>. Acesso em: 20, fev. 2017.

RÓMERO, A.M; REIS, B. L. **Eficiência energética em edifícios**. 1 ed. Barueri – São Paulo: Manole, 2012. 208 p.

SARKIS, J.; MEADE, L.; PRESLEY, A. Incorporating sustainability into contractor evaluation and team formation in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 31, 2012.

SCHELB, C. G. **Avaliação de tipologias construtivas nos critérios de sustentabilidade: estudo de casos – telhas**. 2016. 137 p. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo)- Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2016.

SINDUSCON. Sindicato da Indústria da Construção Civil. **Conjuntura da construção**, ano xiv, nº 4, dezembro de 2016. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/wpcontent/uploads/2016/12/ConjunturaConstrucaodez16.pdf>> Acesso em: 10, fev. 2017.

SINDUSCON. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. **Pib da construção deve cair 6,4%**. Disponível em: <<https://www.sindusconsp.com.br/release/sinduscon-sp-pib-da-construcao-deve-cair-64-em-2017/>>. Acesso em: 20, jan. 2018.

SINDUSCON-RS. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio Grande do Sul. **Guia de sustentabilidade da construção civil no Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2013/06/Cartilha_Sustentabilidade_WEB.pdf>. Acesso em: 18, fev. 2017.

SCHUMPETER, J. **The Theory of Economic Development**. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1934.

SPITZCOVSKY, D. **Certificação LEED: tudo sobre o principal selo de construção sustentável do Brasil**, 2012. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/certificacao-leed-o-que-e-como-funciona-o-que-representa-construcao-sustentavel-675353.shtml>>. Acesso em: 10, fev. 2017.

SUZER, O. A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. **Journal of Environmental Management**, v. 154, p. 266–283, 2015.

SVENSSON, B. W. G. A framework to navigate sustainability in business networks the transformative business sustainability. **European Business Review**, v. 26, p. 340–367, 2014.

TABASSI, A. A. et al. Leadership competences of sustainable construction project managers. **Journal of Cleaner Production**, v. 124, p. 339–349, 2016.

TABASSI, A. A.; RAMLI, M.; BAKAR; A. H. A. Effects of training and motivation practices on teamwork improvement and task efficiency: the case of construction firms. **International Journal Project Management**, v. 30, p. 213 – 224, 2012.

TSAI, C. Y.; CHANG, A. S. Framework for developing construction sustainability items: the example of highway design. **Journal of Cleaner Production**, v. 20, p.127-136, 2012.

UDAWATTA, N.; ZUO, J.; CHIVERALLS, K.; ZILLANTE, G. Improving waste management in construction projects: an Australian study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 101, p.73-83, 2015.

USGBC. U.S Green Building Council. **Building Momentum for Residential Green**. 2012. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs9199.pdf>> Acesso em: 14, fev. 2017.

USGBC. U.S Green Building Council. **About LEED**. 2017a. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 12, jan. 2017.

USGBC. U.S Green Building Council. **Sustainable buildings in Brazil**. 2017b. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sistema/docsMembros/1311141211060000005990.pdf>> Acesso em: 04, fev. 2017.

USGBC. U.S Green Building Council. **The Leadership in Energy and Environmental Design**. 2017c. Disponível em: <<http://environment-ecology.com/environment-and-architecture/81-the-leadership-in-energy-and-environmental-design-leed-.html>>. Acesso em: 8, fev. 2017.

USGBC. U.S Green Building Council. **Professionals LEED in Brazil**. 2018a. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/graficos-empreendimentos-profissionais.php>> Acesso em: 18, jan. 2018.

USGBC. U.S Green Building Council. **LEED v4 for Building Design and Construction**. 2018b. Disponível em: <https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%20v4%20BDC_01.5.18_current.pdf>. Acesso em 14, jan. 2018.

VARVAZOVSKA, P.; PRASILOVA, M. Waste production as one of the problems of postmodern society. **Procedia Economics and Finance**, v. 23, p. 1674-1679, 2015.

VASCONCELLOS, B.C. **A construção de um método para avaliação do ambiente construído**. Tese (Doutorado em engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

VAZQUEZ, E. et al. Sustainability in civil construction: Application of an environmental certification process (leed) during the construction phase of a hospital enterprise-rio de janeiro/Brazil. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 8, n. 1, p. 1–19, 2013.

VERBINNEN, B. et al. Recycling of spent adsorbents for oxyanions and heavy metal ions in the production of ceramics. **Wast Management**, v.45, 2015.

VIJAYAN, A.; KUMAR, A. A review of tools to assess the sustainability in building construction. **Environ Progress 2005**, v. 24, p.125–32, 2015.

VILLORIA SÁEZ, P. et al. Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 93, p. 67-74, 2014.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Londres: Oxford University Press, 400p. 1987.

WU, P. et al. A decade review of the credits obtained by LEED v2.2 certified green building projects. **Building and Environment**, v. 102, p. 167–178, 2016.

WU, P. et al. The past, present and future of carbon labelling for construction materials: a review. **Building Environment**, v. 77, p.160-168, 2014.

WU, P., SONG, Y., SHOU, W., CHI, H., CHONG, H. Y., & SUTRISNA, M. A comprehensive analysis of the credits obtained by LEED 2009 certified green buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, p 370–379, 2017.

ZALEJSKA-JONSSON, A. Parameters contributing to occupants' satisfaction Green and conventional residential buildings. **Facilities**, v. 32, p. 411–437, 2014.

ZHANG, B.; CHEN, Y. A comparative study on different evaluation standards of green building. **Applied Mechanics and Materials**, v. 294, p. 949–953, 2013.

ZHANG, X.; SHEN, L.; WU, Y. Green strategy for gaining competitive advantage in housing development: a China study. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p.157-167, 2011.

ZHAO, J.; LAM, K. P. Influential factors analysis on LEED building markets in US east coast cities by using support vector regression. **Sustainable Cities and Society**, v. 5, p. 37-43, 2012.

ZHONG, Y.; WU, P. Economic sustainability, environmental sustainability and constructability indicators related to concrete and steel projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p 748- 756, 2015.

ZUTSHI, A.; CREED, A. An international review of environmental initiatives in the construction sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 92–106, 2015.

APÊNDICE A – Carta de apresentação e convite para participação da pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Prezado (a) Senhor (a)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “Método estruturado para certificação LEED BD + C: novas construções ou grandes reformas”. Essa pesquisa está sendo desenvolvida no Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Salienta-se que esse estudo está vinculado ao Comitê de Ética do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), sob registro nº 76850717.9.0000.5306 e parecer sob nº 2.298.665. Sua participação consiste em responder a um questionário eletrônico online. Ao responder o questionário, você poderá não ter nenhum benefício direto ou imediato. No entanto, os resultados desta pesquisa poderão ajudar na construção de uma compreensão sobre as principais soluções efetuadas em projetos LEED BD+C. Você não terá nenhum gasto ou ganho financeiro por participar da pesquisa. Os sujeitos participantes não serão mencionados ou identificados. Dessa forma, será garantido que em nenhum momento durante os processos de análise e divulgação dos resultados os mesmos tenham a sua identidade exposta. Os dados coletados constituirão um banco de dados que ficará sob a guarda do pesquisador e somente serão utilizados para projetos de pesquisa que prezem pela preservação de sua identidade com a devida autorização do Comitê de Ética. Tratando-se de uma pesquisa há risco de embaraço ao responder o questionário, ou ainda desgaste mental ao preencher o instrumento de pesquisa, o que pode demandar tempo no entendimento das questões, situações nas quais o participante poderá interromper ou desistir de participar. A decisão em não participar da pesquisa não acarretará nenhum tipo de constrangimento. O participante poderá fazer perguntas ao pesquisador. Para tanto, você poderá entrar em contato com o mesmo pelo e-mail eng.marcos.lucas@gmail.com, com a finalidade de sanar quaisquer dúvidas sobre a pesquisa.

Atenciosamente,

Marcos Lucas de Oliveira

Mestrando em Engenharia de Produção - UFSM

APÊNDICE B – Questionário I

<p>Esse questionário faz parte de uma Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e tem por objetivo identificar na fase de projeto de edificações sustentáveis, LEED BD+C, quais são as principais soluções quanto ao controle da poluição da obra, da gestão dos resíduos, da eficiência energética e do uso racional da água e materiais. Salienta-se que não há respostas certas ou erradas.</p>
<p>1- Qual a sua formação base?</p> <p>() Engenheiro (a) () Arquiteto (a) () Outra _____</p>
<p>2- A quanto tempo você atua com a certificação LEED BD + C?</p> <p>() 1 ano () 2 anos () 3 anos () 4 anos () 5 anos</p>
<p>3- Em qual categoria que você atua?</p> <p>() Industrial () Residencial () Comercial () Educacional</p>
<p>4- Qual porte de obra que você mais atua?</p> <p>() Micro $\leq 250 m^2$ () Pequeno $> 250 \leq 1000 m^2$ () Médio $> 1000 \leq 5000 m^2$</p> <p>() Grande $> 5000 \leq 10000 m^2$ () Excepcional $> 10000 m^2$</p>
<p>5- Qual aplicação da certificação LEED BD + C você mais atua?</p> <p>() Nova Construção ou grandes reformas () Envoltória e Núcleo central () Escolas () Lojas de varejo () Data centers () Galpões e centros de distribuição () hospedagem () Unidades de Saúde</p>
<p>6- Quais foram as soluções empregadas em seus projetos para obter o uso racional da água tanto na fase de obra como posteriormente na utilização do empreendimento?</p>
<p>7- Quais foram as soluções empregadas em seus projetos para efetivar o descarte correto dos resíduos provenientes da obra?</p>
<p>8- Quais foram as soluções empregadas em seus projetos para reduzir a utilização de energia elétrica e melhorar a eficiência energética da edificação?</p>
<p>9- Quais foram as soluções empregadas em seus projetos para reduzir o impacto da obra, quanto as emissões de poluentes?</p>
<p>10- Como foi realizado o estudo dos materiais a serem utilizados na obra? Foi utilizado algum software que auxiliasse você na escolha dos materiais que creditam pontos na certificação LEED? Os materiais escolhidos foram encontrados nas proximidades da sua obra (em um raio de 5 km)? Caso não tenha sido possível, qual foi a solução empregada?</p>
<p>11- Para seu projeto foi necessário a contratação de alguma consultoria especializada? Se sim, qual foi a principal solução desenvolvida por essa empresa para seu projeto?</p>

Fonte: Elaborado pelo autor/2018.

APÊNDICE C – Questionário II

<p>Esse questionário faz parte de uma Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e tem por objetivo verificar quais são as tecnologias, inovações e soluções verdes utilizadas pelos responsáveis técnicos em projetos de edificações sustentáveis LEED BD+C. Salienta-se que não há respostas certas ou erradas.</p>
<p>1 - Indique o porte da sua empresa (nº de empregados)?</p> <p><input type="checkbox"/> Menos de 50 <input type="checkbox"/> Entre 50 e 100 <input type="checkbox"/> Mais de 100</p>
<p>2 - Indique a região de atuação da sua empresa</p> <p><input type="checkbox"/> Acre – AC <input type="checkbox"/> Alagoas – AL <input type="checkbox"/> Amapá – AP <input type="checkbox"/> Amazonas – AM <input type="checkbox"/> Bahia – BA <input type="checkbox"/> Ceará – CE</p> <p><input type="checkbox"/> Distrito Federal – DF <input type="checkbox"/> Espírito Santo – ES <input type="checkbox"/> Goiás – GO <input type="checkbox"/> Maranhão – MA <input type="checkbox"/> Mato Grosso – MT</p> <p><input type="checkbox"/> Mato Grosso do Sul – MS <input type="checkbox"/> Minas Gerais – MG <input type="checkbox"/> Pará – PA <input type="checkbox"/> Paraíba – PB <input type="checkbox"/> Paraná – PR</p> <p><input type="checkbox"/> Pernambuco – PE <input type="checkbox"/> Piauí – PI <input type="checkbox"/> Rio de Janeiro – RJ <input type="checkbox"/> Rio Grande do Norte – RN <input type="checkbox"/> Tocantins - TO</p> <p><input type="checkbox"/> Rio Grande do Sul – RS <input type="checkbox"/> Rondônia – RO <input type="checkbox"/> Roraima – RR <input type="checkbox"/> Santa Catarina – SC <input type="checkbox"/> Sergipe – SE</p> <p><input type="checkbox"/> São Paulo – SP</p>
<p>3 - Quais foram as soluções empregadas em seus projetos para reduzir a utilização de água e de energia elétrica?</p>
<p>4 - Quais são os materiais e recursos mais utilizados para prover um baixo impacto ambiental nos projetos LEED BD+C? Sobre esse aspecto, quais as soluções para o entulho da obra?</p>
<p>5 - Quais são as inovações desenvolvidas nos projetos LEED BD+C quanto a projeção de layout funcional, luminância, acústica e conforto térmico, com foco na qualidade ambiental interna?</p>
<p>6 - Quanto ao espaço sustentável, como são identificados as soluções verdes e os potenciais de melhorias nos projetos LEED BD+C?</p>
<p>7 - Dentre os critérios de sustentabilidade (eficiência energética, hídrica e etc), qual costuma ser o mais desafiador nos projetos LEED BD+C?</p>
<p>8 - Qual foi a principal solução verde desenvolvida por sua empresa em um projeto considerado desafiador?</p>
<p>9 - Quais são os sistemas verdes considerados chaves de sucessos em um projeto LEED BD+C para atingir a certificação?</p>
<p>10- Tendo em vista as metas da COP 21, a sua empresa já recebeu projetos que visem a emissão zero de carbono na construção? Se sim, quais foram os desafios enfrentados e as soluções verdes desenvolvidas para reduzir as emissões de poluentes nesses projetos?</p>

Fonte: Elaborado pelo autor/2018.

APÊNDICE D – Questionário III

(Continua)

Esse questionário faz parte de uma Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e tem por objetivo investigar, analisar e mapear a dos gestores e responsáveis técnicos sobre os requisitos do <i>checklist</i> da certificação LEED BD+C.			
1- Sobre sua percepção em um projeto sustentável a ser certificado LEED BD +C, responda os campos conforme sua compreensão quanto os requisitos: (1) Compreendo, (2) Compreendo Parcialmente ou (3) Não compreendo.			
	C	CP	NC
1.1. Compreendo o termo “Localização do LEED Neighborhood”			
1.2. Compreendo o termo “Proteção de Áreas Sensíveis”			
1.3. Compreendo o termo “Local de Alta Prioridade”			
1.4. Compreendo o termo “Densidade do Entorno e Usos Diversos”			
1.5. Compreendo o termo “Acesso a Transporte de Qualidade”			
1.6. Compreendo o termo “Instalações para Bicicletas”			
1.7. Compreendo o termo “Redução da Área de Projeção do Estacionamento”			
1.8. Compreendo o termo “Veículos Verdes”			
1.9. Compreendo o termo “Prevenção da Poluição na Atividade de Construção”			
1.10. Compreendo o termo “Avaliação do Terreno”			
1.11. Compreendo o termo “Desenvolvimento do Terreno”			
1.12. Compreendo o termo “Espaço Aberto”			
1.13. Compreendo o termo “Gestão de Águas Pluviais”			
1.14. Compreendo o termo “Redução de Ilhas de Calor”			
1.15. Compreendo o termo “Redução da Poluição Luminosa”			
1.16. Compreendo o termo “Redução do Uso de Água do Exterior”			
1.17. Compreendo o termo “Redução do Uso de Água do Interior”			
1.18. Compreendo o termo “Medição de Água do Edifício”			
1.19. Compreendo o termo “Redução do Uso de Água do Exterior”			
1.20. Compreendo o termo “Redução do Uso de Água do Interior”			
1.21. Compreendo o termo “Uso de Água de Torre de Resfriamento”			
1.22. Compreendo o termo “Medição de Água”			
1.23. Compreendo o termo “Comissionamento Fundamental e Verificação”			
1.24. Compreendo o termo “Desempenho Mínimo de Energia”			
1.25. Compreendo o termo “Medição de Energia do Edifício”			
1.26. Compreendo o termo “Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes”			
1.27. Compreendo o termo “Comissionamento Avançado”			
1.28. Compreendo o termo “Otimizar Desempenho Energético”			
1.29. Compreendo o termo “Medição de Energia Avançada”			
1.30. Compreendo o termo “Resposta à Demanda”			
1.31. Compreendo o termo “Produção de Energia Renovável”			
1.32. Compreendo o termo “Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes”			
1.33. Compreendo o termo “Energia Verde e Compensação de Carbono”			
1.34. Compreendo o termo “Armazenamento e Coleta de Recicláveis”			
1.35. Compreendo o termo “Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição”			
1.36. Compreendo o termo “Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício”			
1.37. Compreendo o termo “Divulgação e Otimização de Produto do Edifício”			
1.38. Compreendo o termo “Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição”			
1.39. Compreendo o termo “Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior”			
1.40. Compreendo o termo “Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco”			
1.41. Compreendo o termo “Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior”			
1.42. Compreendo o termo “Materiais de Baixa Emissão”			
1.43. Compreendo o termo “Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção”			
1.44. Compreendo o termo “Avaliação da Qualidade do Ar Interior”			

APÊNDICE D – Questionário III – Destinado aos Responsáveis Técnicos

(Conclusão)

1.45. Compreendo o termo “Conforto Térmico”			
1.46. Compreendo o termo “Iluminação Interna”			
1.47. Compreendo o termo “Luz Natural”			
1.48. Compreendo o termo “Vistas de Qualidade”			
1.49. Compreendo o termo “Desempenho Acústico”			
1.50. Compreendo o termo “Inovação”			
1.51. Compreendo o termo “Profissional Acreditado LEED”			
1.52. Compreendo o termo “Prioridade Regional”			
2- As próximas perguntas estão relacionadas a sua experiência com o sistema de certificação LEED.			
2.1 - Na sua opinião, qual é o principal limitador para compreender os requisitos da certificação LEED BD+C?			
2.2 - Na sua opinião, o sistema de certificação LEED BD+C é burocrático?			
() Sim – Segue para próxima pergunta () Não – Encerra questionário			
2.3 - Na sua opinião, por que o sistema de certificação LEED BD+C é burocrático?			

Fonte: Elaborado pelo autor/2018.

ANEXO A – Parecer Comit  de  tica

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FRANCISCANO
SANTA MARIA**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: MÉTODOS ESTRUTURADOS PARA CERTIFICA O LEED BD + C:
NOVAS CONSTRUÇOES OU GRANDES REFORMAS

Pesquisador: MARCOS LUCAS DE OLIVEIRA

Versão: 1

CAAE: 76850717.9.0000.5306

Institui o Proponente: Centro Universitário Franciscano - UNIFRA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Número do Parecer: 2.298.665

DADOS DO PARECER**Riscos:**

A pesquisa apresenta riscos mínimos e o teor das perguntas não pretende causar danos morais ou riscos   saúde física, mental ou espiritual dos respondentes.

Benefícios:

Esse estudo poderá evidenciar as reais dificuldades encontradas pelas construtoras, gestores de obras, e empresas de consultorias na compreensão dos requisitos do sistema de certifica o LEED DB +C. Ademais poderá apresentar quais são as tecnologias inseridas nos empreendimentos certificados LEED BD + C.

Comentários e Considera es sobre a Pesquisa:

O projeto analisado apresenta elementos necessários para o desenvolvimento de uma pesquisa científica.

Considera es sobre os Termos de apresenta o obrigatória:

O projeto apresenta todos os Termos e documentos preconizados pela Resolu o 510/16.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequa es:

Diante do exposto o presente projeto está aprovado.

Situa o do Parecer:

Aprovado

SANTA MARIA, 26 de setembro de 2017

**Maria do Carmo dos Santos Araujo
(Coordenadora)**

Endereço: R. dos Andrada, 1614 - Prédio da Reitoria - Campus I - 7  andar

Bairro: Centro **CEP:** 97.010-032

UF: RS **Município:** SANTA MARIA

Telefone: (55)3220-1200 **Fax:** (55)3222-6484 **E-mail:** cep@unifra.br

ANEXO B – Checklist - LEED BC+C: novas construções ou grandes reformas

(Continua)

LEED v4 para BD+C: Nova Construção ou Grandes Reformas		
Lista de verificação do projeto		
Nome do projeto:		
Crédito 1	Processo Integrado	1
Localização e Transporte		Possibilidade de pontuação: 16
Crédito 1	Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	16
Crédito 2	Proteção de Áreas Sensíveis	1
Crédito 3	Local de Alta Prioridade	2
Crédito 4	Densidade do Entorno e Usos Diversos	5
Crédito 5	Acesso a Transporte de Qualidade	5
Crédito 6	Instalações para Bicicletas	1
Crédito 7	Redução da Área de Projeção do Estacionamento	1
Crédito 8	Veículos Verdes	1
Terrenos Sustentáveis		Possibilidade de pontuação: 10
Pré-req 1	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Obrigatório
Crédito 1	Avaliação do Terreno	1
Crédito 2	Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	2
Crédito 3	Espaço Aberto	1
Crédito 4	Gestão de Águas Pluviais	3
Crédito 5	Redução de Ilhas de Calor	2
Crédito 6	Redução da Poluição Luminosa	1
Eficiência Hídrica		Possibilidade de pontuação: 11
Pré-req 1	Redução do Uso de Água do Exterior	Obrigatório
Pré-req 2	Redução do Uso de Água do Interior	Obrigatório
Pré-req 3	Medição de Água do Edifício	Obrigatório
Crédito 1	Redução do Uso de Água do Exterior	2
Crédito 2	Redução do Uso de Água do Interior	6
Crédito 3	Uso de Água de Torre de Resfriamento	2
Crédito 4	Medição de Água	1
Energia e Atmosfera		Possibilidade de pontuação: 33
Pré-req 1	Comissionamento Fundamental e Verificação	Obrigatório
Pré-req 2	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório
Pré-req 3	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório
Pré-req 4	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório
Crédito 1	Comissionamento Avançado	6
Crédito 2	Otimizar Desempenho Energético	18
Crédito 3	Medição de Energia Avançada	1
Crédito 4	Resposta à Demanda	2
Crédito 5	Produção de Energia Renovável	3
Crédito 6	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1
Crédito 7	Energia Verde e Compensação de Carbono	2
Materiais e Recursos		Possibilidade de pontuação: 13
Pré-req 1	Armazenamento e Coleta de Recicláveis	Obrigatório
Pré-req 2	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	Obrigatório
Crédito 1	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício	5
Crédito 2	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Declarações Ambientais de Produto	2
Crédito 4	Divulgação e Otimização de Produto do Edifício – Ingredientes do Material	2
Crédito 5	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição	2

ANEXO B – Checklist - LEED BC+C: novas construções ou grandes reformas
(Conclusão)

Qualidade do Ambiente Interno		Possibilidade de pontuação:	16
Pré-req 1	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Obrigatório	
Pré-req 2	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Obrigatório	
Crédito 1	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior		2
Crédito 2	Materiais de Baixa Emissão		3
Crédito 3	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção		1
Crédito 4	Avaliação da Qualidade do Ar Interior		2
Crédito 5	Conforto Térmico		1
Crédito 6	Iluminação Interna		2
Crédito 7	Luz Natural		3
Crédito 8	Vistas de Qualidade		1
Crédito 9	Desempenho Acústico		1
Inovação		Possibilidade de pontuação:	6
Crédito 1	Inovação		5
Crédito 2	Profissional Acreditado LEED		1
Prioridade Regional		Possibilidade de pontuação:	4
Crédito 1	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
Crédito 2	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
Crédito 3	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
Crédito 4	Prioridade Regional: Crédito Específico		1
Total		Possibilidade de pontuação:	110
Certificado: 40 a 49 pontos, Plata: 50 a 59 pontos, Ouro: 60 a 79 pontos, Platina: 80 a 110			

Fonte: GBC (2017g).