

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Mateus Manussakis Sartorato

**Avaliação Multicritério para Certificação *LEED* Preliminar de uma Planta Piloto
Bioclimática**

Araranguá
2021

Mateus Manussakis Sartorato

**Avaliação Multicritério para Certificação *LEED* Preliminar de uma Planta Piloto
Bioclimática**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Energia do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.
Orientador: Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.

Araranguá

2021

Mateus Manussakis Sartorato

**Avaliação Multicritério para Certificação *LEED* Preliminar de uma Planta Piloto
Bioclimática**

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia, foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Thayane Lodete Bilésimo, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Elise Sommer Watzko, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro/a de Energia.

Prof. Luciano Lopes Pfitscher, Dr.
Coordenador do Curso

Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.
Orientador

Mateus Manussakis Sartorato
Autor

Araranguá, 17 de maio de 2021.

Avaliação Multicritério para Certificação *LEED*

Preliminar de uma Planta Piloto Bioclimática

Mateus Manussakis Sartorato*

RESUMO

Os conceitos de eficiência e sustentabilidade no setor de construção civil vêm se tornando cada vez mais relevantes e com isso a ideia de certificações ambientais tem se difundido. Essas certificações visam estabelecer parâmetros mínimos de performance, para que a edificação possa desenvolver uma gestão sustentável mais abrangente, envolvendo diferentes processos e como eles interagem entre si. No Brasil, elas estão em estágio inicial de adesão e ainda possuem um longo caminho a percorrer até se tornarem uma prática comum de mercado. O objetivo desse trabalho é realizar uma avaliação multicritério para certificação *LEED* preliminar de uma Planta Piloto Bioclimática situada no campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o histórico de versões do *LEED* e todas as suas divisões e mercado abrangidos, bem como estudos de casos no Brasil. Após isso, a Planta Piloto foi enquadrada na divisão correta da certificação, e então a avaliação foi realizada com base em todos os critérios estabelecidos pelo *LEED*. Foi constatado que, apesar da construção possuir várias estratégias bioclimáticas, ela não está dentro dos requisitos mínimos para a obtenção da certificação, por conta de sua área ser inferior ao requerido. Porém, foi dada continuidade ao estudo para entender a situação da Planta Piloto frente a uma certificação mais completa e consagrada mundialmente. A partir dessa avaliação, verificou-se uma pontuação de 13 pontos, a qual não é suficiente para a obtenção do selo. Foram propostos dois cenários para realizar as ações necessárias para aumentar a pontuação: um deles com alto investimento e, portanto, uma pontuação mais alta; e outro com um resultado menor, porém com investimento também menor. O primeiro caso obteve 96 pontos, enquadrando a Planta Piloto no nível Platina da certificação, que é o mais alto. Já o segundo caso, 60 pontos, enquadrando-a no nível Ouro.

Palavras – chave: Certificações Sustentáveis. Certificação *LEED*. Arquitetura Bioclimática. Eficiência Energética. Edificações Sustentáveis.

1 INTRODUÇÃO

Os conceitos de eficiência e sustentabilidade têm cada vez mais se tornado relevantes entre diferentes setores da economia. Um deles é o de construção civil. Esse possui um alto impacto sobre o meio ambiente tanto ao passo que avança em ecossistemas naturais quanto em relação ao consumo de recursos, como energia, água e outros materiais que são utilizados para as atividades diárias da construção. Segundo NASCIMENTO (2016), o setor é responsável por mais de 70% do consumo de recursos naturais do planeta.

Além disso, o descarte de resíduos, sejam eles de uso diário ou frutos da construção ou reforma do edifício, também é um aspecto importante que tem grande impacto tanto na região do imóvel quanto em uma escala global. Segundo DALLA COSTA (2013), estima-se que a indústria de materiais para a construção civil cresça no mundo duas vezes e meia entre 2010 e 2050.

Nesse sentido, tem se difundido a ideia de certificações nesse setor. Segundo Oliveti (2010), os selos verdes, ou certificados ambientais aplicados à construção civil, são atestados de cumprimento de pré-requisitos que garantem o menor impacto ambiental e o menor consumo de energia. Estabelecem um processo de gerenciamento da obra, consolidando a responsabilidade de todas as partes envolvidas.

No Brasil, segundo Oliveira (2012), o setor da construção civil, vem gradativamente buscando maior sustentabilidade, não apenas com a intenção de cumprir os aspectos legais, mas sim como meio de aprimorar seus processos gerenciais e responsabilidade ambiental. As certificações ambientais são uma opção nesse sentido.

As certificações em sua maioria possuem adesão voluntária, com o benefício de utilizá-la como meio de reduzir os custos de construção e operação, de melhorar a experiência dos usuários (conforto térmico, visual e outros aspectos) e de aumentar o valor de mercado do imóvel.

Conforme VALENTE (2009), as edificações de alto desempenho podem apresentar um maior investimento inicial, porém possuem custos operacionais mais baixos, valorizando o imóvel, sendo mais saudável para seus usuários, conservando água e energia e reduzindo a emissão de gases poluentes.

1.1 JUSTIFICATIVA

A procura por empreendimentos mais sustentáveis cresce gradativamente, movimentando toda a cadeia da construção civil (GBC Brasil, 2020). No Brasil, de acordo com OTOBO (2016), construtoras vem aderindo as certificações ambientais como meio de agregar valor aos seus empreendimentos, de ser tornarem mais competitivas no mercado e de se integrar em uma estratégia sustentável de longo prazo.

Visto isso a produção científica nessa área é muito importante para se criar uma base de referências e auxiliar na expansão do tema. A partir de uma base sólida de pesquisa na área, equipes de projetos por todo o Brasil podem colocar em prática vários conceitos de sustentabilidade em edificações de diferentes tipos contribuindo, assim, com a diminuição do impacto ambiental proveniente desses projetos.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Será realizada uma avaliação multicritério para a certificação da Planta Piloto Bioclimática situada no campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O intuito é situá-la dentro dos critérios avaliativos estabelecidos pela certificação e, assim, entender qual é o desempenho da edificação quando é avaliada não só pelas suas estratégias de eficiência energética, mas também levando em consideração outros aspectos da sustentabilidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

Será apresentado uma revisão sobre o histórico e propósito da certificação *LEED*, passando por todas as versões até hoje criadas. Pretende-se deixar claro a estrutura que é utilizada atualmente, suas divisões, os principais objetivos com relação à sustentabilidade e o funcionamento do mecanismo de avaliação e

pontuação. Além disso, objetiva-se trazer um contexto histórico dos passos que levaram a certificação a ser o que é hoje e também explicar um pouco sobre a organização que esteve por trás de sua criação.

Após isso, serão apresentadas informações técnicas sobre a edificação a fim de, a partir da revisão bibliográfica, situá-la nas divisões da certificação e então realizar o estudo sobre a situação da planta piloto dentro do que é proposto pela *LEED*. Por último serão propostas melhorias para o aumento da pontuação da Planta Piloto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, será feita uma revisão bibliográfica geral da certificação, contemplando sua história, versões, alguns estudos de caso e as etapas para a obtenção da certificação. Além disso, será apresentado um breve resumo sobre algumas outras certificações que são utilizadas no Brasil.

2.1 BREVE PANORAMA SOBRE CERTIFICAÇÕES UTILIZADAS NO BRASIL

Algumas das certificações mais comuns utilizados no Brasil são: Casa Azul, *LEED*, AQUA-HQE, Procel-Edifica e o BREEAM. Essa seção apresenta um breve resumo sobre essas certificações, a fim de demonstrar um pouco do cenário no qual o Brasil se encontra dentro deste tema.

2.1.1 Casa Azul

Conforme Caixa (2020), o Selo Casa Azul + CAIXA é um instrumento de classificação socioambiental destinado a propostas de empreendimentos habitacionais que adotem soluções eficientes na concepção, execução, uso, ocupação e manutenção das edificações. A adesão é voluntária e são elegíveis projetos novos em fase de análise ou já analisados e contratados, desde que a obra ainda não tenha sido iniciada.

Caso o projeto atenda aos critérios exigidos, o proponente recebe o certificado de concessão do Selo Casa Azul + CAIXA no nível alcançado no ato da contratação e a Caixa verificará durante o acompanhamento da obra se o

empreendimento será executado conforme o projeto certificado. É dividido em seis categorias sendo elas: Qualidade Urbana e Bem Estar, Eficiência Energética e Conforto Ambiental, Gestão Eficiente da Água, Produção Sustentável, Desenvolvimento Social e Inovação.

A certificação possui um máximo de 157 pontos e também possui identificadores #mais (que são conseguidos com um mínimo de pontos dentro de uma categoria específica). As gradações são divididas em: Bronze (acima de 50 pontos ou 2 identificadores em qualquer categoria), Prata (acima de 60 pontos ou 3 identificadores em qualquer categoria), Ouro (acima de 80 pontos ou 4 identificadores em qualquer categoria), Diamante (acima de 100 pontos e obter o identificador referente a categoria inovação).

O quadro resumo presente nas Figuras 1, 2 e 3, realizado pela própria Caixa, sintetiza de maneira simples as categorias, critérios, pontuações e classificações.

Figura 1 - Quadro resumo da certificação Casa Azul.

CATEGORIA	ITEM	CRITÉRIO	FAIXA DE PONTUAÇÃO		OBRIGATORIO	DIAMANTE	IDENTIFICADOR #mais	BRONZE	PRATA	OURO	DIAMANTE
1. QUALIDADE URBANA E BEM ESTAR	1.1	Qualidade e Infraestrutura no Espaço Urbano	4	4	X	X	Mínimo 24 PONTOS	50 PONTOS ou 2 #mais	60 PONTOS ou 3 #mais	80 PONTOS ou 4 #mais	100 PONTOS e #maisInovação
	1.2	Relação com o Entorno: Interferências e Impactos no Empreendimento	3	3	X	X					
	1.3	Coleta Seletiva	3	3	X	X					
	1.4	Melhorias no Entorno	3	3							
	1.5	Recuperação de Áreas Degradadas e/ou Contaminadas	3	3							
	1.6	Revitalização de Edificações Existentes e Ocupação de Vazios Urbanos	3	4							
	1.7	Paisagismo	3	3		X					
	1.8	Equipamentos de Esporte e Lazer	3	4							
	1.9	Adequação às Condições do Terreno	3	3							
	1.10	Soluções Sustentáveis de Mobilidade	2	4		X					
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO AMBIENTAL	2.1	Orientação ao Sol e aos Ventos	3	3	X	X	Mínimo 20 PONTOS	50 PONTOS ou 2 #mais	60 PONTOS ou 3 #mais	80 PONTOS ou 4 #mais	100 PONTOS e #maisInovação
	2.2	Desempenho Térmico e Lumínico	4	4	X	X					
	2.3	Dispositivos Economizadores de Energia	2	2	X	X					
	2.4	Medição Individualizada de Gás	3	3	X	X					
	2.5	Ventilação e Iluminação Natural dos Banheiros	2	3							
	2.6	Iluminação Natural de Áreas Comuns	3	3							
	2.7	Sistema de Aquecimento Solar	4	4							
	2.8	Geração de Energia Renovável	3	5		X					
	2.9	Elevadores Eficientes	2	2							

Fonte: Caixa, 2020

Figura 2 - Quadro resumo da certificação Casa Azul.

CATEGORIA	ITEM	CRITÉRIO	FAIXA DE PONTUAÇÃO		OBRIGATORIO	DIAMANTE	IDENTIFICADOR #mais	BRONZE	PRATA	OURO	DIAMANTE
3. GESTÃO EFICIENTE DA ÁGUA	3.1	Dispositivos Economizadores de Água	3	3	X	X	Mínimo 15 PONTOS	50 PONTOS ou 2 #mais	60 PONTOS ou 3 #mais	80 PONTOS ou 4 #mais	100 PONTOS e #maisInovação
	3.2	Medição Individualizada de Água	3	3	X	X					
	3.3	Áreas Permeáveis	4	4	X	X					
	3.4	Reuso de Águas Servidas/Cinzas	5	5							
	3.5	Aproveitamento de Águas Pluviais	4	4		X					
	3.6	Retenção ou Infiltração de Águas Pluviais	3	3							
4. PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	4.1	Gestão de Resíduos da Construção e Demolição	3	3	X	X	Mínimo 15 PONTOS				
	4.2	Fôrmas e Escoras Reutilizáveis (ou não utilizadas)	3	3	X	X					
	4.3	Madeira Certificada	1	3	X	X					
	4.4	Coordenação Modular	3	3							
	4.5	Componentes Industrializados ou Pré-Fabricados	3	3							
	4.6	Pavimentação e Calçamento com RCD	3	3							
	4.7	Gestão Eficiente da Água no Canteiro de Obras	3	4		X					
5. DESENVOLVIMENTO SOCIAL	5.1	Capacitação para Gestão do Empreendimento	2	2	X	X	Mínimo 15 PONTOS				
	5.2	Educação Financeira e Planejamento Financeiro dos Moradores	2	2	X	X					
	5.3	Mitigação do Desconforto da População Local Durante as Obras	2	2							
	5.4	Inclusão de Trabalhadores e Fornecedores Locais	1	1							
	5.5	Capacitação Profissional dos Empregados	2	2							
	5.6	Ações para Mitigação de Riscos Sociais	3	3							
	5.7	Educação Ambiental dos Empregados e Moradores	2	2							
	5.8	Ações para Geração de Emprego e Renda	2	2							
	5.9	Ações de Integração Social na Comunidade	1	1							
	5.10	Apoio na Manutenção Pós-Ocupação	3	3		X					
5.11	Segurança e Saúde no Canteiro de Obras	1	3								

Fonte: Caixa, 2020

Figura 3 - Quadro resumo da certificação Casa Azul.

CATEGORIA	ITEM	CRITÉRIO	FAIXA DE PONTUAÇÃO		OBRIGATORIO	DIAMANTE	IDENTIFICADOR #mais	BRONZE	PRATA	OURO	DIAMANTE
6. INOVAÇÃO	6.1	Aplicação do BIM na Gestão Integrada do Empreendimento	3	3			Mínimo 10 PONTOS	50 PONTOS ou 2 #mais	60 PONTOS ou 3 #mais	80 PONTOS ou 4 #mais	100 PONTOS e #maisInovação
	6.2	Gestão para Redução das Emissões de Carbono	5	5							
	6.3	Sistemas Eficientes de Automação Predial	3	3							
	6.4	Conectividade	2	2		X					
	6.5	Ferramentas Digitais Voltadas a Práticas de Sustentabilidade	3	3							
	6.6	Possibilidade de Adequação Futura da UH às Necessidades dos Usuários	3	3							
	6.7	Outras Propostas Inovadoras	3	10							
BÔNUS	7.1	Crítério Bônus	2	6							

Fonte: Caixa, 2020

2.1.2 AQUA-HQE

O Processo AQUA-HQE é uma certificação internacional da construção sustentável desenvolvido a partir da certificação francesa *Démarche HQE (Haute*

Qualité Environnementale) e aplicado no Brasil exclusivamente pela Fundação Vanzolini.

Teve seu lançamento em 2008 e seus referenciais técnicos foram desenvolvidos considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e a regulamentação presentes no Brasil, mas buscando sempre uma melhoria contínua de seus desempenhos.

O processo de certificação traz exigências de um Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) que permitem o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas de seu desenvolvimento, partindo do comprometimento com um padrão de desempenho definido e traduzido na forma de um perfil de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE).

Além do estabelecimento de um sistema de gestão específico para o empreendimento, o empreendedor deve realizar a avaliação da qualidade ambiental do edifício em pelo menos três fases (construção nova e renovações): Pré-projeto, Projeto e Execução.

Segundo, Vanzolini (2020), A avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício é feita para cada uma das 14 categorias de preocupação ambiental e as classificam nos níveis “base”, “boas práticas” ou “melhores práticas”, conforme perfil ambiental definido pelo empreendedor na fase pré-projeto.

As categorias da certificação estão divididas em:

- 1- Relação do edifício com o seu entorno
- 2- Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
- 3- Canteiro de obras de baixo impacto ambiental
- 4- Gestão da energia
- 5- Gestão da água
- 6- Gestão de resíduos de uso e operação do edifício
- 7- Manutenção – permanência do desempenho ambiental
- 8- Conforto hidrotérmico
- 9- Conforto acústico
- 10- Conforto visual
- 11- Conforto olfativo
- 12- Qualidade sanitária dos ambientes
- 13- Qualidade sanitária do ar
- 14- Qualidade sanitária da água

Para um empreendimento ser certificado AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com 3 categorias no nível “melhores práticas”, 4 categorias no nível “boas práticas” e 7 categorias no nível “base”. A Figura 4, ilustra o perfil de desempenho.

Figura 4 - Perfil de desempenho da certificação AQUA-HQE.

Perfil Mínimo de desempenho para certificação



Base (B): Prática corrente ou regulamentar

Boas Práticas (BP): Boas Práticas

Melhores Práticas (MP): Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Fonte: Vanzolini, 2020

O processo de certificação pode ser resumido no fluxograma da Figura 5.

Figura 5 - Processo de Certificação da AQUA-HQE.



Fonte: Vanzolini, 2020

2.1.3 Procel-Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor de construção civil.

Buscando o desenvolvimento e a difusão desses conceitos, o PROCEL EDIFICA vem trabalhando por meio de 6 vertentes de atuação: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação e Eficiência Energética e Planejamento (PROCELINFO, 2020).

A certificação pode ser dividida em duas categorias: edifícios comerciais, de serviços, o qual se baseia no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), e públicos e Unidades Habitacionais, o qual se baseia no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R).

No primeiro caso (RTQ-C) são avaliados três sistemas: Envolória, Iluminação e condicionamento de ar. Já no segundo (RTQ-R), são avaliados: Envolória e Sistema de aquecimento de água (PROCELINFO, 2020). Em fevereiro de 2021 foi publicada a nova Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

O selo pode ser outorgado tanto na etapa de projeto, válido até a finalização da obra, quanto na etapa da edificação construída. Os Selos são emitidos pela Eletrobrás Procel após a avaliação realizada por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro, com escopo de Eficiência Energética em Edificações – OIA-EEE.

2.1.4 BREEAM

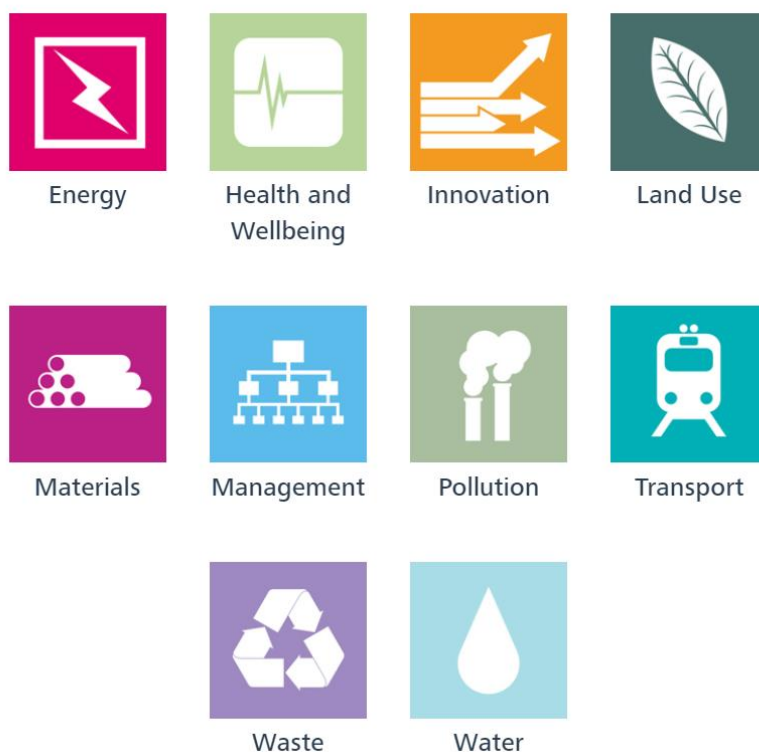
O BREEAM é uma certificação internacional para construções individuais, comunidades e projetos de infraestrutura. O principal resultado da certificação é uma avaliação que mostra o desempenho de determinado projeto e seus colaboradores.

Os níveis avaliativos são: aceitável, bom, muito bom, excelente e excepcional. Esses níveis são refletidos em uma quantidade de estrelas que aparecem no certificado final.

O selo é baseado em algumas categorias como podem ser vistas na Figura 6. Cada categoria é subdividida em questões de avaliação, cada uma com suas avaliações comparativas. Quando estes são alcançados, um ponto (crédito) é ganho, a pontuação da categoria é então calculada a partir dos créditos obtidos nela. Posteriormente, há uma soma das categorias, as quais possuem pesos diferentes (BREEAM, 2020).

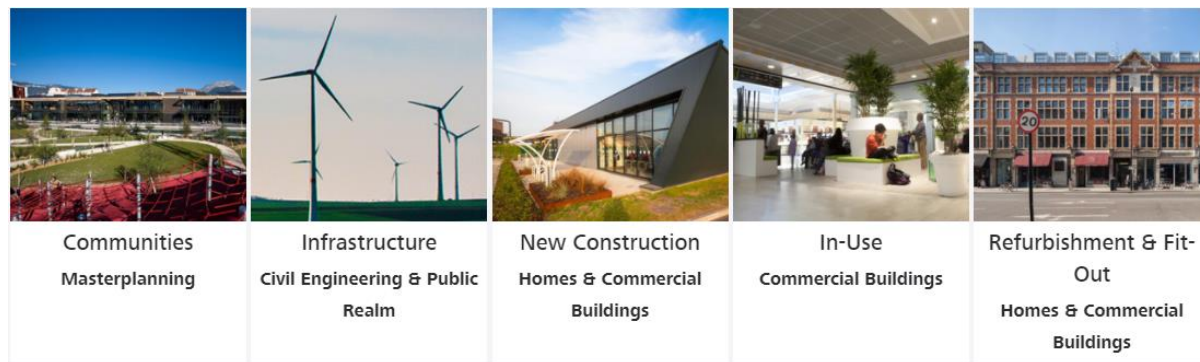
Além disso, o selo é dividido em *standards*, os quais são designados para construções diferentes. Eles são: Comunidades, Infraestrutura, Construções Novas, Em uso e Reforma e Design de Interiores, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 6 – Divisão das categorias da certificação.



Fonte: BREEAM, 2020.

Figura 7 - Divisões de tipos de construções (*Standards*) dentro da certificação.



Fonte: BREEAM, 2020.

2.2 BREVE RESUMO SOBRE A HISTÓRIA DA CERTIFICAÇÃO *LEED*

A certificação *LEED* foi criada e teve seus primeiros testes pilotos em 1998. Porém, isso foi fruto de um trabalho que começou em 1993 com a criação da USGBC por David Gottfried, Mike Italiano e Rick Fedrizzi, após um encontro no Instituto Americano dos Arquitetos, no qual foi discutido a ideia de trazer um sistema de avaliação para construções sustentáveis. Após anos de desenvolvimento a certificação passou por um período de teste com 19 plantas pilotos e depois do sucesso, *LEED* teve seu lançamento público em março de 2000 (USGBC, 2020).

Já em 2001, foi lançada a versão 2.0. Nesse momento, a certificação começou a explorar novos mercados e em novembro de 2002 a primeira escola de ensino fundamental em Statesville, N.C., alcançou o *LEED* Ouro. A USGBC realizou a primeira Conferência e Exposição Internacional de construções verdes em Austin, Texas, no mesmo mês, com aproximadamente 4000 pessoas.

Em 2003, o número de certificações *LEED* teve uma grande explosão. No ano anterior a versão 2.1 foi lançada, e em abril de 2003, foi lançado o *LEED for Existing buildings* (*LEED* para construções existentes) e *LEED for Commercial Interiors* (*LEED* para interiores comerciais), começando com plantas pilotos e em outubro o *LEED for Core and shell* (*LEED* para núcleo e casca) chegou. E em 2004, a marca de 100 projetos certificados foi alcançada.

O marco seguinte da certificação foi em 2009, quando foi lançada a terceira versão nomeada de *LEED v2009*. Dessa vez foram adicionados créditos baseados na TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts*), que é um método de avaliação do impacto elaborado pela

Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA). Foram adicionados também créditos desenvolvidos pela *National Institute of Standards* (Instituto Nacional de Padrões - agência governamental norte-americana). Essa versão deixou a certificação bem mais rigorosa e também indicava quais créditos são mais importantes. Em 2010, a certificação bateu a marca de 5000 projetos (USGBC, 2020).

Em 2015, a versão 4.0 incluiu alguns melhoramentos importantes como: flexibilidade, abordagem sobre redes inteligentes baseada em performance, ênfase em materiais e recursos, abordagem compreensiva para o gasto de água e documentação para linhas de vapor. Em 2019, foi lançada a versão 4.1, sendo uma versão mais inclusiva, uma edificação passou a poder ganhar pontos por monitoramento de desempenho. As experiências anteriores levaram a certificação a ter um olhar mais aprofundado para edificações já construídas, residências e cidades.

2.3 REVISÃO TÉCNICA DAS VERSÕES DA CERTIFICAÇÃO

Esta seção tem como intuito realizar uma revisão das versões da certificação e demonstrar a evolução dela até chegar na versão atual.

2.2.1 Versão 1.0

A primeira versão foi criada como um projeto piloto, fazia uma avaliação global da edificação no quesito desempenho ambiental, levando em consideração todo o seu ciclo de vida. Nesta versão foram lançadas as bases da certificação, que se manteve em todas as versões posteriores.

Segundo Santos (2014) a estrutura avaliativa consistia em um nivelamento mínimo, ou seja, pré-requisitos obrigatórios. Após essa etapa, atribuía-se créditos com base no desempenho das categorias propostas pela certificação. Ou seja, o sistema é dividido em categorias e cada categoria em pré-requisitos e créditos.

Quatro diferentes níveis de certificação são concedidos (Bronze, Prata, Ouro e Platina), com base em um total de pontos obtidos em seis categorias (Bueno e Rossignolo, 2010):

- Terrenos sustentáveis;
- Uso Racional da Água;
- Energia e atmosfera;

- Materiais e recursos;
- Qualidade do ambiente interno;
- Inovação.

Essas categorias eram divididas entre 40 créditos, porém, apresentavam muitas limitações. Segundo Rob Watson, presidente do comitê responsável pela elaboração do *LEED*, alguns desses créditos que poderiam ser ganhos eram ou muito restritivos ou já eram práticas padrão de mercado e os créditos relacionados com energia não tinham relação suficiente com o desempenho (Hernandes, 2006).

Por fim, a certificação é dividida em tipologias que são o equivalente a tipos de projeto. Ou seja, a edificação, dependendo da sua função (escolas, hospitais etc.), ou fase de projeto (anterior a construção ou durante as operações), será enquadrada em uma tipologia, a qual terá parâmetros específicos para classe de edifícios analisada.

2.2.2 Versão 2.0

A versão 2.0 manteve as categorias anteriores, porém os créditos aumentaram para 69 divididos em *certified*, *silver*, *gold* e *platinum* e as limitações desses degraus aumentaram. O termo certificado foi adotado nesta versão, substituindo o bronze, por motivos mercadológicos, pois pensou-se que era preferível ter um empreendimento certificado a um comparado a medalha de bronze, que é a menos valorizada. A pontuação das certificações eram:

- *Certified* - 26-32 points (*non-innovation points*);
- *Silver* - 33-38 points;
- *Gold* - 39-51 points;
- *Platinum* - 52-69 points.

Em 2002, foi lançada a versão 2.1, incluindo a tipologia para construções novas. Em 2005, várias tipologias foram lançadas, sendo elas: *existing buildings* (Edificações Existentes), *commercial interiors* (Interiores Comerciais), *for schools* (para Escolas), *for healthcare* (para Hospitais), *Core & Shell* (Núcleo e Casa) e *for retail* (para Varejo). E em 2008 foram lançados o *Homes* e o *Neighborhood development* (SILVEIRA, 2016).

Segue uma síntese dos nove sistemas avaliativos da versão 2.0, 2.1 e 2.2:

LEED for New Construction and Major Renovations - LEED-NC v2.2

(Construções novas e grandes reformas)

- Qualquer tamanho;
- Comercial ou Residencial multifamiliar;
- Novos edifícios, onde mais de 50% do interior é construído;
- Renovações envolvendo AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), envelope e / ou grande reabilitação interior;
- Reformas onde mais de 50% dos ocupantes devem se mudar;
- Mudança no tipo de ocupação.

LEED for Commercial Interiors - LEED-CI v2.0 (Interiores comerciais)

- Qualquer tamanho;
- Novas construções de interiores;
- Grande reabilitação interior;
- Renovações em todo o edifício que não aborda significativamente AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) ou envelope;
- Âmbito do inquilino.

LEED for Core and Shell - LEED-CS v2.0 (Núcleo e casca)

- Edifícios novos de qualquer tamanho;
- Edifícios comerciais especulativos;
- Novos edifícios, onde menos de 50% do interior é construído;
- Grande renovação para AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), envelope, mas não interiores.

LEED for Schools (Escolas)

- Instalações de ensino fundamental e médio (obrigatório);
- Instalações de ensino superior (recomendado).

LEED for Existing Buildings: Operations & Maintenance (Construções existentes: Operações e manutenção)

- Edifícios com dois anos ou mais;
- Pequenas renovações;

- Mudanças nas políticas de operação e manutenção.

LEED for Homes (Casas)

- Residência unifamiliar ou multifamiliar.

Healthcare (Edifícios de saúde)

- Certificação similar ao *LEED-NC* voltada para unidades de saúde.

Retail (Varejo)

- Certificação similar ao *LEED-NC* voltada para lojas de varejo.

Neighborhood development (Desenvolvimento de bairro)

- Certificação destinada para a concepção de bairros e desenvolvimento de comunidades.

2.2.3 Versão 3.0

Em 2009 foi lançada a versão V3.0 (também chamada de v2009), que teve mudanças significativas no sistema de pontuação e ponderação. Ela inclui três grandes modificações para o sistema de classificação: harmonização, ponderação de créditos e regionalização.

Os créditos passam a ter diferentes ponderações em função de seu impacto ambiental e de diferentes preocupações com a saúde humana. Com a ponderação de créditos revista, o *LEED* passou a oferecer mais pontos a estratégias que terão maior impacto positivo sobre os fatores considerados de maior importância: eficiência energética e reduções de CO_2 . Os impactos das categorias foram priorizados, e aos créditos foram atribuídos valores baseados no modo pelo qual cada um contribuiu para atenuar o impacto (Bueno e Rossignolo, 2010).

Além disso, conforme SILVEIRA (2016):consolida os nove sistemas avaliativos da versão anterior em apenas três tipologias:

- *Green Building Design and Construction* (Design e Construção de edificações verdes);
 - (Engloba o *LEED NC*, *CS (Core & Shell)*, *Schools*, *healthcare* e *Retail*).

- *Green Interior Design and Construction* (Design de Interiores de edificações verdes);
 - (Engloba o *LEED CI*).
- *Green Building Operation and Maintenance* (Operação e Manutenção de edificações verdes).
 - (Engloba o *LEED OM* e *Existing Schools*).

O sistema de certificação *LEED* 2009, aprovado pelo U. S. Green Building Council em novembro de 2008 para a certificação de desempenho ambiental de edifícios para Novas Construções, é composto por uma estrutura de categorias e créditos atualizada segundo os critérios descritos (Bueno e Rossignolo, 2010). Além disso, a quantidade de créditos muda conforme tipologia.

A Tabela 1, mostra as pontuações máximas de cada crédito por construção da versão 3.0. Cada um dos itens abaixo são subdivisões das tipologias.

Tabela 1 - Quadro resumo de pontuações da versão 3.0 do *LEED*.

Categorias avaliadas	Pontuação máxima nas tipologias de selo <i>LEED</i> 3.0							
	Novas construções e grandes reformas	Edifícios existentes	Interiores comerciais	Envoltória e estrutura principal	Lojas de varejo NC	Lojas de varejo CI	Escolas	Hospitais
Terrenos sustentáveis	26	26	21	28	26	21	24	18
Uso Racional da Água	10	14	11	10	10	11	11	9
Energia e atmosfera	35	35	37	37	35	37	33	39
Materiais e recursos	14	10	14	13	14	14	13	16
Qualidade do ambiente interno	15	15	17	12	15	17	19	18
Inovação e processo do projeto	6	6	6	6	6	6	6	6
Créditos regionais	4	4	4	4	4	4	4	4
Pontuação máxima	110	110	110	110	110	110	110	110

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

2.2.4 Versão 4.0

A versão 4.0 manteve algumas poucas coisas da versão anterior, foram elas:

- Todos os créditos tem um peso igual em cada sistema de avaliação;
- Todos os sistemas de avaliação valem cem pontos, com dez pontos extras para inovação.

As categorias de avaliação, porém, sofreram algumas mudanças, e se tornaram:

- Processo integrado;
- Locação e transporte;
- Terrenos sustentáveis;
- Uso Racional da Água;
- Energia e atmosfera;
- Materiais e recursos;
- Qualidade do ar interno;
- Inovação;
- Prioridade regional.

As duas principais mudanças foram a divisão da categoria “Terrenos Sustentáveis” em duas novas, “Locação e Transporte” e “Terrenos Sustentáveis” e a criação da categoria “Processo Integrado”. Essa última foi criada para incentivar uma integração já no início do projeto e também aplicações de design com bom custo benefício.

A distribuição de pontos dentro dessas categorias também sofreu alterações (no máximo três pontos). Além disso, aconteceu uma remodelação das tipologias significativas, tornando-as mais simples e intuitivas. O Quadro 1, mostra isso de maneira organizada.

Conforme DAO CONG (2018) as quatro novas tipologias também são chamadas de, respectivamente, *Building Design and Construction* - BD+C (Novas Construções), *Interior design and Construction* - ID+C (Design de interiores), *Building Operations and Maintenance* - O+M (Edifícios Existentes), *Neighbourhood development* - ND (Bairros). Além desses, também foi criado o *LEED homes*, que é a tipologia voltada para residências. Esses sistemas serão explicados com maior profundidade a seguir.

Quadro 1 - Quadro resumo das tipologias da versão 4.0.

BD+C	ID+C	O+M	ND
Novas Construções e Grandes Reformas	Interiores comerciais	Construções existentes	Planejamento
Envoltória e Estrutura Principal	Varejo	Escolas	Projeto construído
Varejo	Hotéis	Varejo	
Servidores		Servidores	
Armazéns e centros de distribuição		Hotéis	
Hotéis		Armazéns e centros de distribuição	
Hospitais		Multi-familiar	
Escolas			

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

2.2.4.1 Tipologias da Versão 4.0

LEED BD+C (Novas Construções)

O *LEED* para Novas Construções e Grandes Reformas fornece parâmetros para a construção ou reforma de um edifício sustentável, avaliando o projeto e a obra, para se tornar mais sustentável.

Essa tipologia possui distribuições de pontuações diferentes para cada tipo de construção, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia BD+C.

BD+C	Novas Construções e Grandes Reformas	Envoltória e Estrutura Principal	Varejo	Escolas	Servidores	Armazéns e centros de distribuição	Hotéis	Hospitais
Processo integrado	1	1	1	1	1	1	1	1
Locação e transporte	16	20	16	15	16	16	16	9
Terrenos sustentáveis	10	11	10	12	10	10	10	9
Uso Racional da Água	11	11	12	12	11	11	11	11
Energia e atmosfera	33	33	33	31	33	33	33	35
Materiais e recursos	13	14	13	13	13	13	13	19
Qualidade do ar interno	16	10	15	16	16	16	16	16
Inovação	6	6	6	6	6	6	6	6
Prioridade Regional	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

LEED ID+C (Design de interiores)

O *LEED* para interiores permite que as equipes de projeto, que não possuem controle sobre operações de construção inteiras, possam desenvolver espaços internos mais sustentáveis. A Tabela 3, demonstra como os pontos são divididos em cada uma das construções dessa tipologia.

Tabela 3 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia ID+C.

ID+C	Interiores Comerciais	Varejo	Hotéis
Processo integrado	2	2	2
Locação e transporte	18	18	18
Terrenos sustentáveis	-	-	-
Uso Racional da Água	12	12	12
Energia e atmosfera	38	38	38
Materiais e recursos	13	14	13
Qualidade do ar interno	17	16	17
Inovação	6	6	6
Prioridade Regional	4	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

Há uma pontuação específica para hotéis e varejo enquanto as outras construções se encaixam na primeira tipologia.

LEED O+M (Edifícios Existentes)

O *LEED* para Operações e Manutenção oferece aos edifícios existentes uma divisão separada das de construção. As pontuações entre cada um dos tipos de edifícios certificados são iguais (só há uma mudança de valor de alguns créditos

dentro da categoria Uso Racional da Água para servidores), como é possível visualizar na Tabela 4.

Tabela 4 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia O+M.

O+M	Edifícios Existentes	Varejo	Escolas	Servidores	Hotéis	Armazéns e centros de distribuição
Locação e transporte	15	15	15	15	15	15
Terrenos sustentáveis	10	10	10	10	10	10
Uso Racional da Água	12	12	12	12	12	12
Energia e atmosfera	38	38	38	38	38	38
Materiais e recursos	8	8	8	8	8	8
Qualidade do ar interno	17	17	17	17	17	17
Inovação	6	6	6	6	6	6
Prioridade Regional	4	4	4	4	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

LEED ND (Bairros)

O *LEED* para Desenvolvimento de Bairros (*LEED ND*) foi projetado para inspirar e ajudar a criar bairros melhores, mais sustentáveis e bem conectados. Vai além da escala dos edifícios e considera comunidades inteiras. As categorias dessa tipologia são diferentes das anteriores por envolver uma área maior e lidar com

construções diferentes (GBC Brasil, 2020). Na Tabela 5, pode-se ver as categorias bem como as pontuações atribuídas a cada uma.

Tabela 5 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia *LEED ND*.

ND	Planejamento	Projeto Construído
Local inteligente e Vínculo	28	28
Padrão e Projeto do Bairro	41	41
Infraestrutura e Edifícios Verdes	31	31
Inovação e Processo de Projeto	6	6
Créditos de Prioridade Regional	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

LEED Homes (Residências)

É a tipologia dada para residências unifamiliares e multifamiliares, possui uma ênfase maior nos gastos de água e energia. A distribuição de pontuações pelas categorias está exposta na Tabela 6.

Tabela 6 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia *LEED* Homes.

HOMES	Casas e pequenas residências multifamiliares	Grandes Residências multifamiliares
Processo integrado	2	2
Locação e transporte	15	15
Terrenos sustentáveis	7	7
Uso Racional da Água	12	12
Energia e atmosfera	38	37
Materiais e recursos	10	9
Qualidade do ar interno	16	18
Inovação	6	6
Prioridade Regional	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

2.2.5 Versão 4.1

Conforme USGBC (2020), a versão 4.1 é a mais recente das versões *LEED*. Possui muitas similaridades com a versão 4. Nesta seção serão exploradas as diferenças trazidas, elas foram: a transformação do *LEED ND* em *LEED Cities and Communities* (Cidades e comunidades) e o *LEED Homes* agora se chama *LEED residential* (residencial). As outras tipologias se mantiveram as mesmas, com algumas alterações nos créditos e pré-requisitos.

***LEED Cities and Communities* (Cidades e comunidades)**

Conforme USGBC (2020), essa tipologia é voltada para cidades e comunidades e pode certificar lugares já construídos quanto planos e design de

construção futura. Ela trabalha com fatores como energia, água, resíduos e transporte com o intuito de melhorar a qualidade de vida e a experiência do morador. Os créditos utilizados aqui são um pouco diferentes, como pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia *LEED Cities and Communities*.

Cities and Communities	Existente	Planos e Design
Processo integrado	5	-
Sistemas naturais e ecologia	9	13
Transporte e uso do terreno	15	18
Uso Racional da Água	11	12
Energia e emissão de de efeito estufa	30	31
Materiais e recursos	10	11
Qualidade de vida	20	10
Inovação	6	6
Prioridade regional	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

LEED Residential (residencial)

Substituto do *LEED Homes*, consegue centralizar todos os sistemas avaliativos em três categorias (anteriormente, alguns tipos de residências eram certificados pelo BD+C): Residências unifamiliares, Residências multifamiliares e Residências multifamiliares *Core & Shell* (USGBC, 2020). Isso pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Quadro de pontuação por construção dentro da tipologia *LEED* Residencial.

Residencial	Multifamiliares	Envoltória e Estrutura Principal
Processo integrado	1	2
Locação e transporte	15	20
Terrenos sustentáveis	9	11
Uso Racional da Água	12	12
Energia e atmosfera	34	27
Materiais e recursos	13	15
Qualidade do ar interno	16	13
Inovação	6	6
Prioridade Regional	4	4

Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

2.4 ETAPAS PARA A CERTIFICAÇÃO

Conforme GBC Brasil, (2020), o processo para a obtenção da certificação pode ser resumido em cinco grandes etapas, listadas a baixo.

Registro do projeto junto ao USGBC via plataforma *LEED Online*.

Coleta de informações pelo time de projetos: Os pré-requisitos e créditos do *LEED* devem ser documentados ao longo das etapas de projeto e obra, e a documentação deve ser carregada na plataforma *LEED Online*, juntamente com os *templates* (formulários) padronizados com cálculos e evidências.

Submissão: Quando todo o material tiver sido reunido e a equipe estiver pronta para a revisão, o administrador do projeto deve submeter a documentação. Esta submissão da documentação para análise pode ser feita em uma ou duas etapas. No caso da submissão em uma etapa (*combined review*), a documentação é

enviada uma única vez, após a construção final, e no caso da submissão em 2 etapas (*Split review*), a primeira etapa deve ser enviada após o projeto e a segunda etapa após a construção final.

Análise da documentação: O material enviado será analisado e se necessário o revisor do GBCI pode solicitar informações adicionais ou esclarecimentos, que devem ser enviadas pela equipe de projeto.

Certificação: Assim que a análise final do material tiver sido concluída, a equipe de pode recorrer e solicitar a revisão de qualquer crédito individual desde que seja paga uma taxa adicional ao GBCI.

O processo de certificação *LEED* acompanha todo o cronograma do empreendimento, desde a fase inicial da escolha do local e o desenho do projeto até a entrega da obra. Após a sua finalização e o início de operação do empreendimento, informações relativas ao projeto e o processo de construção são encaminhadas ao USGBC que, em um prazo de 25 dias úteis, realiza uma auditoria documental. Novas informações podem ser solicitadas à equipe do empreendimento para uma segunda avaliação. Deve-se considerar um prazo médio de 4 a 6 meses após a conclusão da obra para obter a certificação *LEED*. A Figura 8, mostra um resumo das etapas para a certificação.

Figura 8 - Etapas para a obtenção da certificação.



Fonte: GBC Brasil, 2020.

2.5 ESTUDOS DE CASO

Esta seção trará alguns exemplos de estudos de aplicações oficiais e não oficiais em edificações de diferentes usos.

2.5.1 Escola SESI

Nesta seção será apresentado brevemente um estudo de caso de um projeto realizado em 2016 de uma Escola SESI do Ensino Médio em São Leopoldo, Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado por SILVA (2016). O projeto foi enquadrado na tipologia BD+C: *Schools* (Escolas), e avaliado a partir da correspondente lista de

Figura 9 - Visão do exterior da escola.

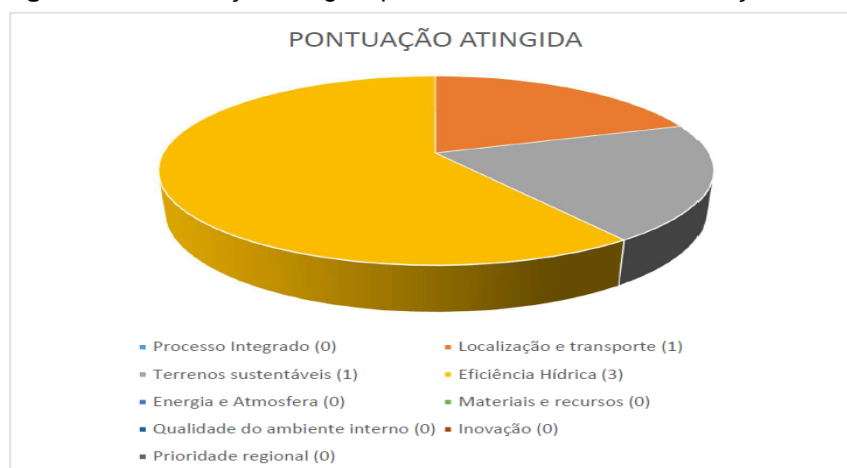


Fonte: SILVA, 2016.

avaliação. O empreendimento possui 2.644,85 m² de área construída, estrutura em concreto pré-moldado e uso predominante de materiais leves em sua configuração interna, a fim de possibilitar futuras alterações de uso. Pode-se visualizar a planta 3D do local na Figuras 9.

Conforme SILVA (2016), apesar da construção possuir algumas estratégias ambientais, como por exemplo bicicletário, 30% da área coberta por vegetação e coleta seletiva, a pontuação foi muito abaixo do esperado, somando apenas cinco pontos, como pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - Pontuação atingida pela escola dentro da certificação *LEED*.



Fonte: SILVA, 2016.

Apesar disso, a escola possui margem para melhora e foram apresentados vários cenários, nos quais pontuações altas podem ser alcançadas. Foi estipulado um cenário para cada nível (certificado, prata, ouro e platina) conforme SILVA (2016). Na Tabela 9, pode-se ver os cenários propostos.

Tabela 9 - Cenários propostos para a escola.

BD+C	Certificado	Prata	Ouro	Platina
Processo integrado	1	1	1	1
Locação e transporte	5	6	6	6
Terrenos sustentáveis	11	12	12	12
Uso Racional da Água	4	5	6	10
Energia e atmosfera	6	11	20	28
Materiais e recursos	1	2	2	4
Qualidade do ar interno	7	8	8	14
Inovação	1	1	1	1
Prioridade Regional	4	4	4	4
Total	40	50	60	80

Fonte: adaptado de SILVA, 2016.

Como conclusão o autor sugere que o projeto tem muitas possibilidades de melhorias e indica que é necessário a contratação de um profissional capacitado na área para guiar essas implementações.

2.5.2 Rochaverá Corporate Towers

O Rochaverá é um conjunto de lajes corporativas situadas no bairro do Morumbi na cidade de São Paulo, é composto de quatro torres e foi finalizado em 2012. Na Figura 11, pode-se visualizar uma imagem aérea do local

Figura 11 - Visão superior do conjunto.



Fonte: FASANELLA, 2016.

O conjunto foi certificado com o selo *LEED-Gold*, na tipologia *LEED-CS Core & Shell* (Envoltória e Estrutura Principal). A certificação engloba toda a área comum, sistema de ar condicionado, estrutura principal, como caixa de escadas, elevadores e fachadas. Os interiores das lajes, não foram englobadas na certificação pois como serão alugadas, podem possuir uma grande pluralidade de usuários.

Segundo FASANELLA (2016), algumas das estratégias utilizadas foram:

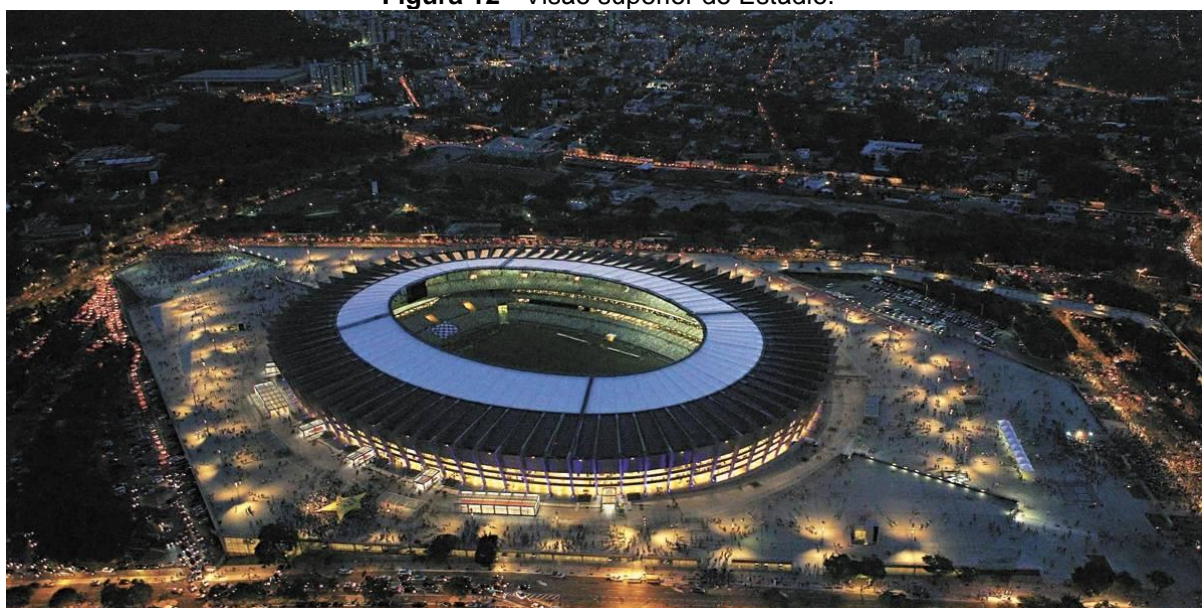
- Descontaminação do terreno antes da construção, pois a área abrigou uma indústria de fertilizantes no passado;
- Bicletário para os usuários dos edifícios;
- Elevadores: sistema de antecipação de destino de chamada, frenagem regenerativa - que aproveita a energia gerada na freada da cabine para a próxima partida;
- Sistema de cogeração de energia (a gás e a diesel – totalizando 11.000 kW) para alimentar todo o complexo;

- Nas áreas próximas das fachadas, a iluminação dos escritórios é reduzida ou desligada automaticamente através de sensores, para aproveitar a luz solar;
- O sistema de ar condicionado com *chillers* (central de água gelada) de primário variável;
- Tratamento de água de chuva, da água cinza - de lavatório - e da água de condensação das torres de resfriamento do sistema de ar-condicionado, que depois de tratada, é encaminhada para irrigação de jardins;
- Operação integrada e gerenciamento dos sistemas técnicos.

2.5.3 Estádio do Mineirão

O estádio de futebol Mineirão foi reformado com base nas premissas estabelecidas pela certificação *LEED*, visando adotar soluções e tecnologias sustentáveis. Buscou-se garantir uma gestão consistente do empreendimento, englobando todo um sistema integrado de limpeza, utilização da água, resíduos, serviços, manutenção de equipamentos, gestão de energia, entre outras, com o objetivo de elevar a eficiência operacional e reduzir os impactos ambientais (referência). A Figura 12, mostra uma visão aérea do estádio. O estádio recebeu o nível máximo da certificação *LEED for New Construction*, o *LEED Platinum*.

Figura 12 - Visão superior do Estádio.



Fonte: RODRIGUES, 2019.

Segundo RODRIGUES (2019), algumas estratégias utilizadas foram:

- Rede de pré-tratamento em que a qualidade do esgoto é monitorada durante o seu processo de decantação, etc., garantindo assim que o esgoto que chega nas redes públicas siga o padrão pré-estabelecido em projeto;
- Instalação do modelo VRF (luxo de Gás Refrigerante Variável) com condensação de ar;
- O sistema de iluminação reduz o consumo em cerca de 30% da energia com a iluminação;
- A estrutura da cobertura conta com 9.500 metros quadrados construídos com cerca de 6.000 células de células de silício cristalino, totalizando 1,42 MWP;
- Plano de Gestão e Recursos, além de locais estratégicos para a coleta e armazenamento de materiais para reciclagem;
- Plano de controle de qualidade do ar interno, a fim de promover a qualidade e conforto dos usuários do estádio. As tintas, revestimentos, adesivos e selantes utilizadas obedecem ao limite de compostos orgânicos voláteis;
- Todo lixo recolhido pelos torcedores por incentivo do estádio é feito através de sacolas distribuídas pelos catadores da Asmare, que leva os resíduos recicláveis.

3 METODOLOGIA

A aplicação da certificação será feita a partir dos dados existentes da construção da Planta Piloto Bioclimática, obtidos a partir da revisão de todos os trabalhos já realizados utilizando a edificação como objeto de estudo. Esses dados serão utilizados como base para enquadrar a edificação na tipologia correta e posteriormente construir a pontuação dentro dos requisitos propostos pela certificação *LEED*.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA PILOTO BIOCLIMÁTICA

A edificação está localizada no Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde (CTS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na cidade de Araranguá.

A planta foi construída com conceitos de arquitetura bioclimática, a fim de se obter um alto nível de eficiência energética. Ela foi classificada como nível A dentro

do Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações – PBE Edifica, seguindo a RTQ-C antiga. Na Figura 13, pode-se visualizar do imóvel.

Figura 13 - Visão superior da Planta Piloto Bioclimática.



Fonte: BILÉSIMO, 2019.

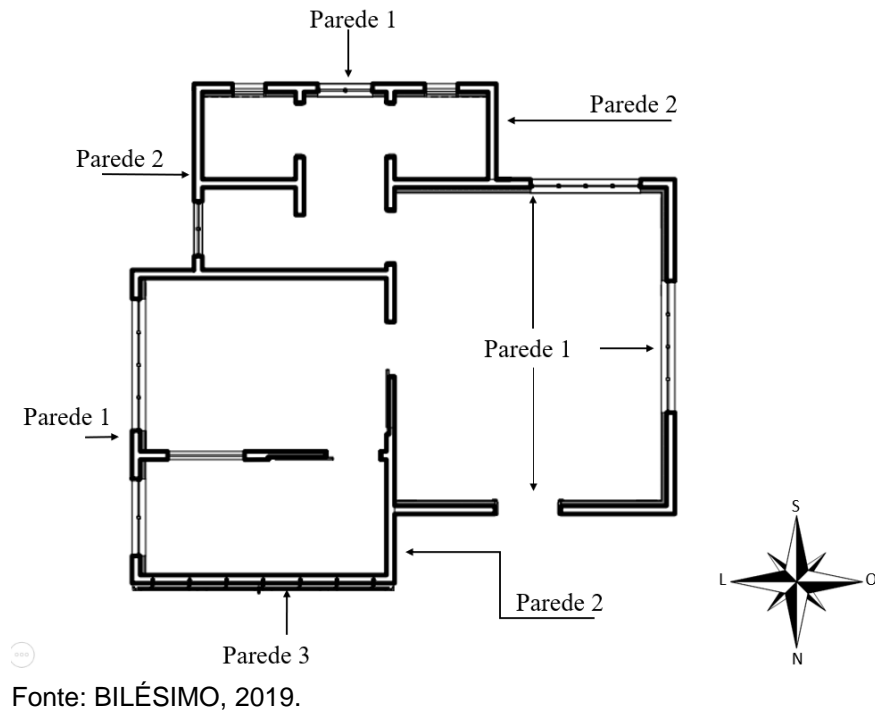
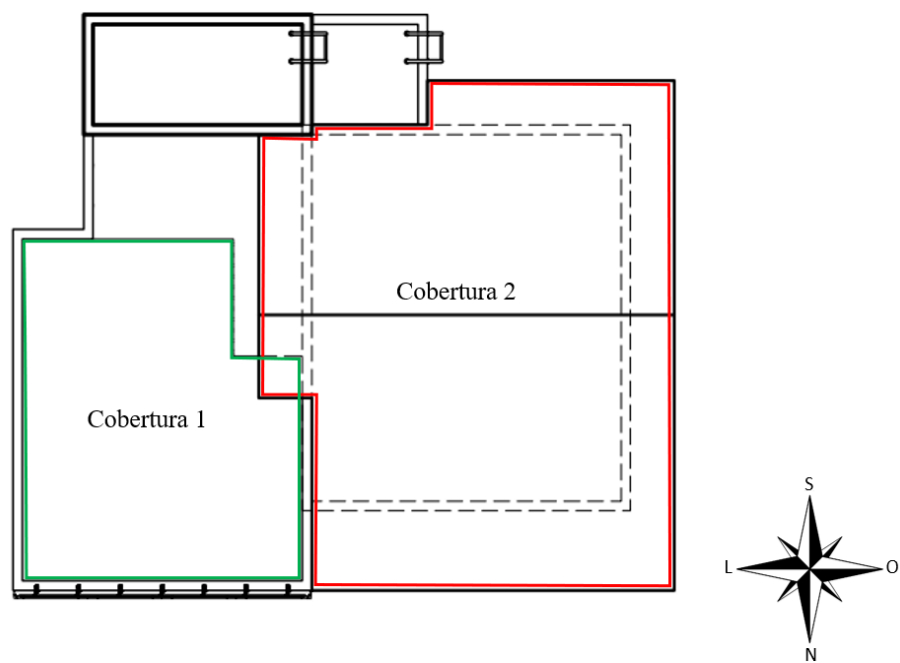
A Planta Piloto possui três diferentes tipos de paredes com o objetivo de reduzir o gasto com refrigeração. Além disso, possui uma cobertura com telhado vegetado e outra com telhado termoacústico. O detalhamento das características das paredes e coberturas estão compiladas na Tabela 10. Nela, é possível visualizar qual a função de cada parede e cobertura e os materiais utilizados.

Tabela 10 - Características da estrutura da Planta Piloto

Estrutura	Principal Característica	Camadas (da externa para a interna)	U (W/m².°C)
Parede 1	Isolamento térmico	Reboco, tijolo, lã de rocha e gesso cartonado	0,451
Parede 2	Parede comum	Reboco, tijolo e reboco	1,665
Parede 3	Fachada ventilada	Cerâmica, câmara de ar, reboco, tijolo e reboco	1,448
Cobertura 1	Telhado vegetado	Gramínea, terra, brita, concreto, EPS e reboco	0,281
Cobertura 2	Isolamento termoacústico	Telha metálica com poliuretano, câmara de ar não ventilada, laje pré-moldada de EPS e reboco	0,394

Fonte: Adaptado de Guerra, 2016.

A Figura 14 representa um esquema com a indicação das nomenclaturas e localização de cada tipo de parede. Já a Figura 15, representa um esquema da localização dos dois tipos de coberturas da Planta Piloto.

Figura 14 - Nomenclatura de cada parede.**Figura 15 - Nomenclatura das coberturas.**

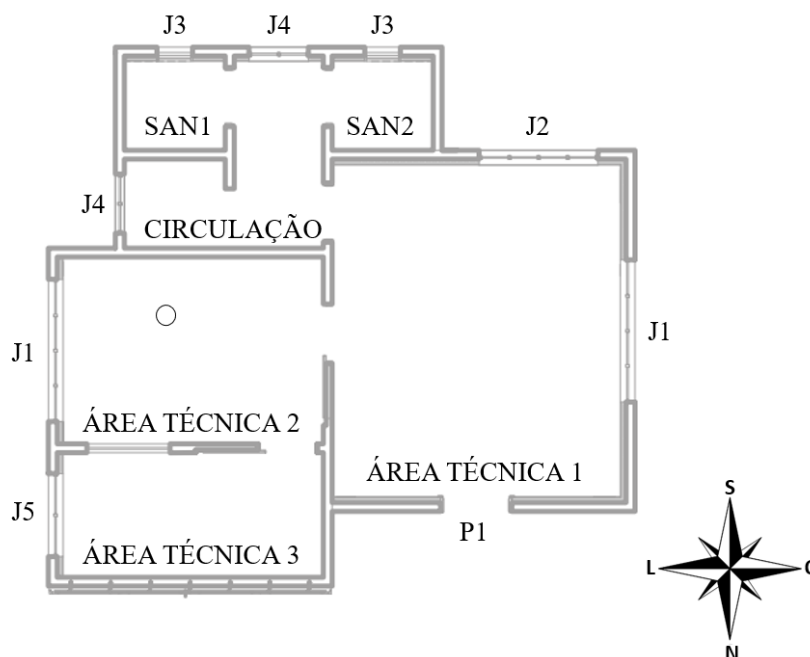
A Figura 16 apresenta a nomenclatura designada para cada cômodo e também para as aberturas. As áreas de cada cômodo estão especificadas na Tabela 11. A localização das janelas foi dimensionada de forma a aproveitar ao máximo a luz natural e a ventilação cruzada.

Tabela 11 - Áreas de cada cômodo da edificação.

Área interna	Área (m ²)
Área técnica 1	27,1
Área técnica 2	13,8
Área técnica 3	9,2
Corredor	7,5
Sanitário 1	2,55
Sanitário 2	2,55

Fonte: adaptado de Guerra, 2016.

Figura 16 - Nomenclatura de cada cômodo.



Fonte: BILÉSIMO, 2019.

3.2 ESCOLHA DA TIPOLOGIA

A certificação estipula três requisitos mínimos para a certificação:

- Ser uma edificação fixa;
- Ter fronteiras bem definidas;
- Possuir a área mínima estipulada pela tipologia escolhida.

A tipologia escolhida foi a O+M: *Existing Buildings* (Operação e manutenção: edificações existentes). A decisão foi tomada nas seguintes características:

- A Planta Piloto cumpre os dois primeiros requisitos mínimos;
- A Planta Piloto já está em utilização há mais de um ano;
- A planta não se enquadra na versão de interiores, pois será analisada como um todo;
- Não é utilizada como residência;
- A Planta Piloto não se enquadra em nenhuma construção específica dentro da tipologia O+M;

É necessário ressaltar que dentro dos requisitos mínimos para a uma edificação ser certificada, a planta estudada não cumpre um deles. Ela está abaixo do tamanho mínimo de 93 m², que é o tamanho mínimo para a tipologia escolhida. Mesmo assim, o estudo será conduzido para entender como a edificação se comporta dentro de uma visão mais abrangente sobre sustentabilidade, olhando para outros pontos além da eficiência energética.

3.3 MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O diagnóstico da Planta Piloto dentro da *LEED* será realizada a partir da avaliação das características da edificação utilizando os critérios estipulados pela certificação.

A análise será dividida entre as categorias da tipologia escolhida, avaliando-se cada uma separadamente. Dentro da análise de cada categoria será feita uma avaliação individual de cada pré-requisito e crédito, com o intuito de entender a situação da planta nos parâmetros estipulado por cada um deles.

A análise individual de cada pré-requisito ou crédito será composta de uma breve explicação do objetivo de sua exigência, seguido pela apresentação de seus requisitos e, por fim, a situação da edificação estudada dentro das premissas estabelecidas. Além disso, será atestado no fim se a edificação cumpriu os requisitos, não cumpriu os requisitos ou não cumpriu os requisitos, mas há a possibilidade de cumpri-lo caso determinada ação seja tomada

Na Figura 17, pode-se ver a planilha da USGBC (cuja visualização é pública), na qual se encontram as categorias da tipologia, os respectivos pré-requisitos e créditos, e a pontuação máxima que pode ser obtida em cada um deles.

Figura 17 - Planilha de cálculo da pontuação da tipologia Operação e Manutenção.



LEED v4.1 Operação e Manutenção: Edificações Existentes
Tabela de desempenho

Y	?	N			Pontos
0	0	0	Localização e Transporte		14
0	0	0	Prereq	Desempenho de Transporte	14
Y	?	N			
0	0	0	Terrenos Sustentáveis		4
0	0	0	Credit	Gestão da água da chuva	1
0	0	0	Credit	Redução da ilha de calor	1
0	0	0	Credit	Redução da poluição luminosa	1
0	0	0	Credit	Gerenciamento do terreno	1
Y	?	N			
0	0	0	Uso Racional da Água		15
0	0	0	Prereq	Desempenho do Uso Racional da Água	15
Y	?	N			
0	0	0	Energia e Atmosfera		35
0	0	0	Prereq	Melhores Práticas De Gestão De Eficiência	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Gerenciamento Fundamental de Refrigerante	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Desempenho De Energia	33
0	0	0	Credit	Gerenciamento aprimorado de refrigerante	1
0	0	0	Credit	Harmonização de rede	1
Y	?	N			
0	0	0	Recursos e Materiais		9
0	0	0	Prereq	Política De Compras	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Política De Manutenção E Renovação De Instalações	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Desempenho De Resíduos	8
0	0	0	Credit	Compras	1
Y	?	N			
0	0	0	Qualidade do Ambiente Interno		22
0	0	0	Prereq	Qualidade Mínima Do Ar Interior	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Controle Ambiental De Fumo De Tabaco	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Política De Limpeza Verde	Obrigatório
0	0	0	Prereq	Desempenho De Qualidade Ambiental Interior	20
0	0	0	Credit	Limpeza Verde	1
0	0	0	Credit	Controle De Pragas Integrado	1
Y	?	N			
0	0	0	Inovação		1
0	0	0	Credit	Inovação	1
0	0	0	TOTAL		Pontos possíveis 100

Certificado: 40-49 pontos, Prata: 50-59 pontos, Ouro: 60-79 pontos, Platina: 80+ pontos

Fonte: adaptado de USGBC, 2020.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Esta seção apresentará a análise de cada categoria bem como os resultados obtidos em cada uma delas. Após isso será apresentado a pontuação final obtida e, por fim, dois cenários de possíveis melhorias para a Planta Piloto.

4.1 LOCALIZAÇÃO E TRANSPORTE

Essa categoria refere-se à facilidade de se chegar ao local e também à emissão de gases de efeito estufa associada aos meios de transporte utilizados pelos usuários para o deslocamento até a edificação.

Crédito único: Desempenho de Transporte

Objetivo: reduzir a poluição e os efeitos do desenvolvimento do solo decorrentes do transporte (USGBC *Library*, 2020).

Requisito: essa categoria possui apenas um crédito e a pontuação é ganha depois do cálculo de emissão feito com base nas informações dos usuários, que podem ser obtidas a partir de uma pesquisa. Conforme USGBC *Library* (2020), o cálculo é demonstrado pelas Equações 1,2 e 3.

$$\frac{kgCO_2}{rota} = \left(\frac{kgCO_2}{km} \right) * (Distância em km da rota) \quad (Equação 1)$$

$$\frac{kgCO_2}{pessoa} = \frac{\sum \left(\frac{kgCO_2}{rota} \right)}{número de rotas} \quad (Equação 2)$$

$$\frac{kgCO_2}{rota} = \frac{\sum \left(\frac{kgCO_2}{pessoa} \right)}{número de pessoas} \quad (Equação 3)$$

Onde,

$\frac{kgCO_2}{rota}$: é a quantidade de massa de CO_2 liberada por rota.

$\frac{kgCO_2}{km}$: é a quantidade de massa de CO_2 liberada por quilômetro definido na norma *LEED* pela Tabela 12, os dados foram obtidos de *USGBC Library* (2020). A Tabela possui os valores em lbs/milha, assim como é feita na norma. Durante os cálculos desse trabalho os valores foram convertidos para kg/km.

$\frac{kgCO_2}{pessoa}$: a quantidade de massa de CO_2 liberada por pessoa.

Situação: a pesquisa foi realizada com estudantes e professores que já frequentaram a Planta Piloto. A pesquisa foi realizada com pessoas que utilizaram a edificação no passado, pois este trabalho foi realizado durante a pandemia da COVID-19, assim, a planta não estava em utilização. Ao todo foram dez respostas, anteriormente à pandemia, a edificação não foi frequentada simultaneamente por mais de dez pessoas, portanto o número é suficiente para os resultados serem confiáveis. As respostas estão compiladas na Tabela 13. Ela indica, na primeira coluna, o número da resposta do usuário e na segunda o meio de transporte utilizado por ele. Na última coluna estão presentes as distâncias percorridas por cada um.

Tabela 12 - Valores de massa de CO_2 liberada por quilômetro deslocado.

Veículo	lbsCO2/milha
Caminhada, bicicleta	0
Motocicletas	0,26
Veículo Pesado Sobre Trilhos	0,33
Carro (carona de 2 a 3 pessoas)	0,39
Veículo Leve Sobre Trilhos	0,44
Veículos de combustível alternativo	0,44
Ônibus	0,68
Carro (sozinho)	0,93

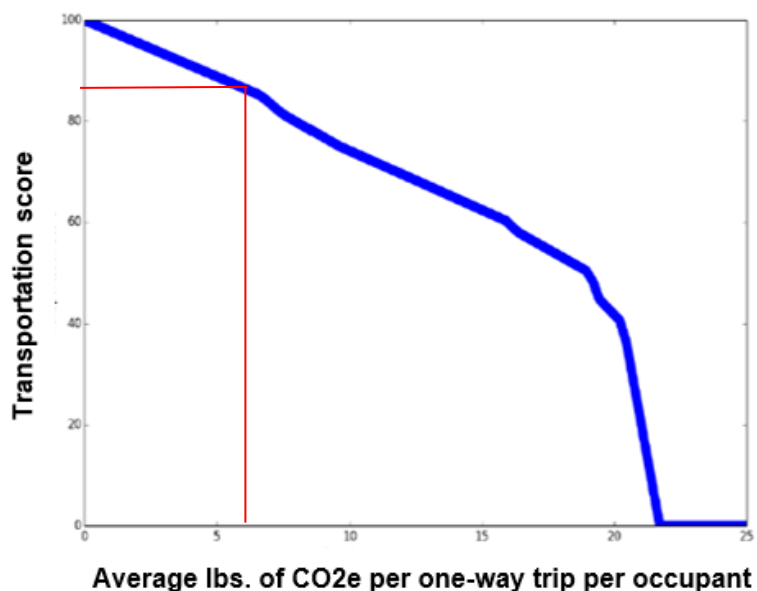
Fonte: adaptado de USGBC *Library* (2020).

Tabela 13 - Resultado da pesquisa realizada com usuários da Planta Piloto.

Usuário	Meio de transporte	Distância percorrida (ida e volta somadas)
1	Carro	28 km
2	Carro	35 km
3	Carro	2,6 km
4	Bicicleta	5 km
5	Carro	13 km
6	Bicicleta	5 km
7	Carro	4 km
8	Bicicleta	4 km
9	Carro	28 km
10	Motocicleta	10 km

Fonte: do autor.

Utilizando os valores da Tabela 13 e os valores da Tabela 13, a quantidade de massa de CO_2 calculada foi de 3 lbs. A partir desse valor é possível calcular a pontuação da planta piloto a partir da Figura 18, as linhas vermelhas correspondem ao calculado para este projeto.

Figura 18 - Resultado obtido pela Planta Piloto na função pontuação de transporte.

Fonte: do autor.

A pontuação encontrada na Figura foi em torno de 85. O que representa uma pontuação dentro da certificação de 12 pontos, como pode ser visto na Tabela 14, que corresponde ao quadro de pontuações fornecido pela USGBC.

Tabela 14 - Tabela de correspondência da pontuação LEED e pontuação de desempenho de

Pontuação de desempenho de transporte	Pontuação LEED
40 (mínimo)	6 (mínimo)
47	7
54	8
61	9
68	10
75	11
83	12
90	13
97	14

Fonte: adaptado de USGBC, 2020.

Portanto, a planta piloto, dentro da categoria de localização e transporte, conseguiu uma pontuação de 12 pontos. Os outros 2 pontos abaixo da pontuação máxima, serão colocados como impossíveis de se conseguir, por ser algo que depende da disponibilidade de transporte dos integrantes, ou seja, fator que não há controle.

4.2 TERRENOS SUSTENTÁVEIS

Conforme USGBC *Library*, (2020), essa categoria diz respeito ao terreno da construção, os créditos enfatizam relações entre os edifícios e os ecossistemas ao redor. Possui o foco em restaurar o local do projeto, com o objetivo de preservar a biodiversidade nativa do local. Para cumprir as exigências dessa categoria, deve-se atentar a poluição durante a construção, redução de ilha de calor, poluição luminosa e buscar imitar os padrões de fluxo de água natural do local. Essa categoria, dentro da tipologia Operação e Manutenção, possui 4 créditos: Gestão da água da chuva, Redução da ilha de calor, Redução da poluição luminosa e Gerenciamento do terreno.

Crédito 1: Gestão da água da chuva

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), reduzir o volume de escoamento e melhorar a qualidade da água, por meio da réplica da hidrologia natural e do balanço de água do terreno, baseados nas condições históricas do local.

Requisitos: usar práticas de pequeno impacto ambiental para infiltrar, evapotranspirar, coletar e reutilizar água de 25% das superfícies impermeáveis.

Situação: o edifício analisado não possui sistema para captar ou gerir a água da chuva, portanto o ponto não é obtido. No entanto, como existe a possibilidade de instalação é dado a avaliação “P” que demonstra que isso ainda pode acontecer.

Crédito 2: Redução da ilha de calor

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), minimizar os efeitos no microclima e nos habitats humanos e selvagens.

Requisito: colocar em práticas estratégias que façam com que o edifício obedeça ao critério da Figura 19.

Figura 19 - Cálculo de referência para a categoria.

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

Fonte: USGBC, 2020.

Situação: na Tabela 15, pode-se visualizar as áreas dos telhados com alta refletância e dos telhados vegetados, bem como a área total. Para que um telhado seja considerado de alta refletância ele deve possuir um Índice de refletância solar (SRI) inicial, maior que 39 para inclinações maiores que 10°, segundo a norma. Na planta piloto bioclimática, foi instalado um telhado metálico com pintura branca em uma inclinação de 25°, segundo ESPÍNDOLA (2016). Segundo o Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley (LBNL, 1998), esse material possui um SRI de 79, portanto, pode ser considerado como um telhado de alta refletância. O resultado do cálculo de refletância proposto também está demonstrado na Tabela 15.

A soma das áreas corrigidas pela fórmula do critério, chegou em um resultado de 82,40. Como a área total do telhado é 60,16, tem-se que o crédito é cumprido e a pontuação recebida.

Tabela 15 - Áreas de cada parte do telhado, bem como a total.

Local	Área (m²)
Telhado alta refletância	31,8
Telhado vegetado	20
Refletância e vegetado corrigida	82,4
Total telhado	60,16

Fonte: do autor.

Crédito 3: Redução da poluição luminosa

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), aumentar o acesso ao céu noturno, melhorar a visibilidade noturna e reduzir as consequências do desenvolvimento para a vida selvagem e as pessoas.

Requisito: proteger todos os acessórios externos de uma maneira que eles não emitam luz a um ângulo maior que 90° da superfície do solo.

Situação: a Planta Piloto possui quatro refletores externos com 20 W de potência cada um, instalados no solo e são alimentados por um sistema fotovoltaico autônomo desconectado da rede, como estudado por Crotti (2020). Eles estão direcionados à construção, emitindo luz acima dos 90° permitidos. Assim, a pontuação não é creditada, apenas o índice “P”.

Crédito 4: Gerenciamento do terreno

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), fornecer práticas de gestão ambientalmente sensíveis que protejam e melhorem o habitat, reduzam poluentes e resíduos, protejam solos e hidrologia e reduzam o uso doméstico de água no local.

Requisito: realizar uma avaliação do local para identificar e documentar as áreas naturais que fornecem habitat. Implementar um plano de gerenciamento do local conforme USGBC *Library* (2020).

Situação: a Planta Piloto não possui tal plano, portanto não receberá a pontuação correspondente. Porém como pode realizar no futuro fica enquadrado na avaliação “P”.

O Quadro 2 sintetiza a pontuação da Planta Piloto nessa categoria.

Quadro 2 - Quadro resumo da pontuação da edificação na categoria de Terrenos Sustentáveis.

Terrenos sustentáveis	Pré-requisito/Crédito	Situação
Crédito 1	Gestão da água da chuva	0
Crédito 2	Redução da ilha de calor	1
Crédito 3	Redução da poluição luminosa	0
Crédito 4	Gerenciamento do terreno	0
Total	-	1

Fonte: do autor.

4.3 USO RACIONAL DA ÁGUA

Conforme USGBC *Library*, (2020), a seção de Uso Racional da Água aborda o uso interno, externo, usos especializados e medição. Possui apenas um pré-requisito e nenhum crédito, totalizando 15 pontos.

Pré-requisito 1: Desempenho do Uso Racional da Água

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), apoiar a gestão da água e reduzir o consumo de água.

Requisito: ter medidores de água permanentemente instalados que medem o uso total de água potável para o projeto e áreas associadas. Toda a água potável ou reutilizada fornecida ao projeto deve ser medida. Medir o uso total de água potável mensalmente por doze meses consecutivos e colocar os dados na plataforma ARC para obter a Pontuação de Desempenho do Uso Racional da Água. Outros dados necessários serão, a área do local, quantidade de usuários e horas de operação da edificação por semana. A partir dessa pontuação pode-se calcular a pontuação *LEED*, conforme a Tabela 16.

Tabela 16 - Tabela de correspondência da pontuação LEED e pontuação de desempenho do Uso Racional da água.

Pontuação de desempenho do Uso Racional da água	Pontuação LEED
40 (mínimo)	6 (mínimo)
44	7
50	8
57	9
64	10
70	11
77	12
84	13
90	14
97	15

Fonte: adaptado de USGBC, 2020

Situação: o edifício está ligado ao prédio da UFSC, a qual possui medidores da concessionária de distribuição de energia, porém não há medidores de água específicos da edificação feita por concessionária e também não foram instalados medidores isolados. Portanto, não há como conseguir a pontuação desta seção. Porém como a possibilidade de instalação existe, a edificação será avaliada como “P”.

4.4 ENERGIA E ATMOSFERA

Conforme USGBC *Library*, (2020), a categoria Energia e Atmosfera aborda o uso de energia reduzida, estratégias de design com eficiência energética e fontes de energia renováveis.

Pré-requisito 1: Melhores Práticas De Gestão De Eficiência Energética

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), promover a continuidade das informações para garantir que estratégias operacionais com eficiência energética sejam mantidas e fornecer uma base para treinamento e análise do sistema.

Requisito: realizar uma auditoria energética que atenda aos requisitos da análise preliminar de uso de energia da ASHRAE. Além disso, uma avaliação passo a passo ASHRAE Nível 1 identificada nos Procedimentos ASHRAE para Auditorias de Energia em Edifícios Comerciais ou equivalente conforme USGBC *Library* (2020).

Situação: apesar de possuir várias estratégias de arquitetura bioclimática e monitoramento de iluminância, a edificação não possui um plano de estratégias operacionais para diminuir o gasto da rotina. Além disso, não foi realizado nenhum tipo de auditoria dentro dela. Porém, isso pode ser justificado pela pequena ocupação da edificação e pelo baixo gasto de energia dela. Mesmo assim, como os requisitos não foram cumpridos, a pontuação não é contabilizada.

Pré-requisito 2: Gerenciamento Fundamental de Refrigerante

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), reduzir a destruição do ozônio estratosférico.

Requisito: não usar refrigerantes à base de clorofluorcarbono (CFC) em sistemas de aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração (AVAC & R), a menos que uma auditoria de terceiros mostre que a substituição ou conversão do sistema não é economicamente viável ou que um plano de eliminação progressiva para CFC refrigerantes à base de água seja instalado.

Situação: CFCs não são utilizados, portanto, pré-requisito cumprido.

Pré-requisito 3: Desempenho De Energia

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), apoiar a gestão de energia e reduzir os danos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e alcançando níveis mais elevados de desempenho operacional de energia.

Requisito: ter medidores de energia permanentemente instalados ou submedidores que medem o consumo total de energia do edifício (eletricidade, gás natural, água gelada, vapor, óleo combustível, propano, etc). Medir o uso de energia do projeto mensalmente por doze meses consecutivos. Utilizar esses dados para obter uma pontuação de desempenho de energia.

O cálculo de desempenho é realizado a partir de uma metodologia muito similar à *Energy Star* (2020), o qual é dividido entre o cálculo de emissões de gases estufa equivalente e fonte de energia. Esta última é uma unidade de consumo de energia equivalente que leva em consideração todas as fontes de energia da edificação e também os custos envolvidos no transporte, transmissão e perdas na conversão de um tipo de energia para outro. Geralmente a conversão é feita utilizando uma média para o país referente a cada fonte de energia.

Segundo *Energy Star* (2020), o cálculo do equivalente de emissões, consiste em transferir o valor consumido de energia para toneladas de carbono emitido, utilizando um coeficiente de rede (coeficiente que replica uma média de emissões do sistema elétrico de cada país, baseado em suas fontes de energia) e posteriormente corrigido para parâmetros específicos da edificação (tamanho da edificação, horas de operação, ocupação e clima). O cálculo está exposto nas Equações 4 e 5.

$$Emissões = Consumo energético mensal * Coeficiente de rede \quad (Equação 4)$$

$$Emissões corrigida = Emissões + Correções \quad (Equação 5)$$

Após isso, calcula-se as emissões por ocupante e unidade de área. Estes serão utilizados para calcular a pontuação do projeto.

Conforme *Energy Star* (2020), o cálculo de fonte de energia é realizado a partir da conversão das fontes primárias (quando o consumo é feito a partir de geração no local, como uso de gás em fornos ou geração fotovoltaica) e secundárias (quando o consumo é realizado a partir de energia da rede elétrica) de consumo de energia para a unidade equivalente e posteriormente corrigido para parâmetros específicos da edificação (tamanho da edificação, horas de operação, ocupação e clima). O cálculo está exposto nas Equações 6 e 7.

$$Fonte de energia = Fator de conversão * Consumo de energia \quad (Equação 6)$$

$$Fonte de energia corrigida = Fonte de energia + Correções \quad (Equação 7)$$

De maneira similar ao item anterior, calcula-se o resultado obtido de fonte de energia por ocupante e unidade de área. Estes serão utilizados para calcular a pontuação do projeto.

Os resultados obtidos tanto para emissões quanto para a fonte de energia são plotados em uma função de pontuação de energia para o tipo de projeto específico. Essa função foi desenvolvida usando dados de consumo de energia de edifícios de alto desempenho. Conforme *USGBC Library*, (2020), o conjunto de dados inclui edifícios *LEED* que compartilharam seus dados de consumo de energia com o

USGBC como parte dos requisitos de uso de água e energia de todo o edifício. Este cálculo é realizado pela plataforma da *Energy Star*.

Situação: o imóvel está ligado ao prédio da UFSC, o qual possui medidores da concessionária de distribuição de energia, porém não há medidores da concessionária específicos para a edificação e também não foram instalados outros tipos de medidores isolados. Portanto, esse pré-requisito não foi cumprido. Similarmente aos outros tópicos, será avaliada como “P”.

No entanto, os cálculos foram realizados a partir de um levantamento de consumo da edificação realizado por Bilésimo (2019) e do projeto de um sistema de geração fotovoltaica instalado recentemente. Os resultados serão registrados aqui com o intuito de simular a pontuação da construção caso fosse instalado um medidor nela.

A Planta Piloto possui um sistema fotovoltaico de geração distribuída de 0,99 kWp. Esse sistema, abate cerca de 42% do consumo da edificação. O consumo foi estipulado por Bilésimo (2019) e está exposto na Tabela 17.

Tabela 17 - Estimativa de consumo de energia por tipo de equipamento da Planta Piloto.

Mês	Resfriamento (kWh)	Aquecimento (kWh)	Ventilação (kWh)	Iluminação (kWh)	Equipamentos (kWh)	Total (kWh)
Jan	123,50	0,00	15,50	21,80	130,90	291,70
Fev	132,40	0,00	16,30	20,70	130,90	300,30
Mar	151,00	0,00	18,70	25,10	130,90	325,70
Abr	99,60	0,00	12,50	51,40	130,90	294,40
Mai	67,00	1,00	8,50	56,60	130,90	264,00
Jun	23,90	2,80	3,30	56,60	130,90	217,50
Jul	16,60	3,50	2,40	51,40	130,90	204,80
Ago	62,30	0,30	8,00	59,40	130,90	260,90
Set	58,70	0,20	7,70	51,40	130,90	248,90
Out	80,80	0,10	10,30	22,90	130,90	245,00
Nov	137,00	0,00	17,20	21,80	130,90	306,90
Dez	150,70	0,00	19,00	21,80	130,90	322,40
Total	1103,50	7,90	139,40	460,90	1570,80	3282,50

Fonte: adaptado de Bilésimo, 2019.

Com a adição do sistema fotovoltaico de geração distribuída, o consumo faturado, e, portanto, o que seria utilizado para os cálculos deste crédito, está exposto na Tabela 18.

Tabela 18 - Consumo faturado (resultante) da Planta Piloto.

Mês	Consumo Total (kWh)	Produção Sistema FV (kWh)	Consumo resultante (kWh)	% abatida
Jan	291,70	139,20	152,50	48%
Fev	300,30	118,81	181,49	40%
Mar	325,70	136,31	189,39	42%
Abr	294,40	112,57	181,83	38%
Mai	264,00	103,11	160,90	39%
Jun	217,50	89,59	127,91	41%
Jul	204,80	85,90	118,90	42%
Ago	260,90	107,21	153,69	41%
Set	248,90	105,02	143,88	42%
Out	245,00	123,17	121,83	50%
Nov	306,90	128,14	178,76	42%
Dez	322,40	133,39	189,01	41%
Total	3282,50	1.382,42	1900,08	42%

Fonte: do autor.

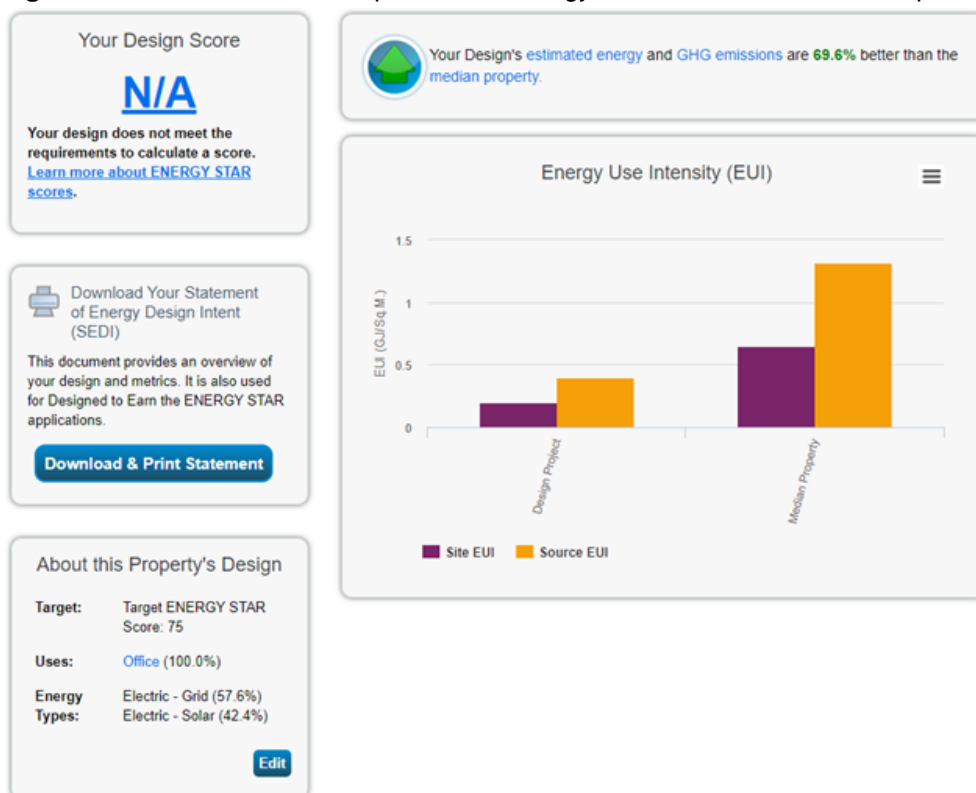
Os dados da construção que foram plotados na plataforma da *Energy Star*, foram os seguintes:

- Localização: Araranguá, Santa Catarina;
- Estação meteorológica: Florianópolis;
- Tipo de edificação: escritório;
- Área aproximada: 60 m²;
- Tempo de operação semanal: foi utilizado o Default da plataforma, 65 horas;

- Número de pessoas simultâneas na edificação: 6;
- Número de computadores: 6;
- Percentual da edificação que pode aquecido artificialmente: mais de 50%;
- Percentual da edificação que pode refrigerado artificialmente: mais de 50%;
- Tipo de fonte de energia:
 - Rede - consumo de 1900 kWh a uma tarifa de 0,7 \$kWh;
 - Sistema fotovoltaico de geração distribuída - consumo de 1342 kWh a uma tarifa de 0,35 \$kWh (referente ao sistema de distribuição).

Os resultados estão compilados nos dados de saída da plataforma, como se pode ver na Figura 20, que mostra uma comparação com outras edificações similares na base de dados da plataforma e na Tabela 19 que mostra os gastos de energia simulados da edificação em unidades monetárias e de energia.

Figura 20 - Saída de dados da plataforma EnergyStar, com os resultados da planta.



Fonte: *Energy Star*, 2020.

Tabela 19 - Resultados da Planta Piloto nos parâmetros da metodologia.

Métrica	Projeto da Planta Piloto	Grupo de comparação
Pontuação da <i>Energy Star</i>	Não disponível	Não disponível
Fonte EUI (GJ/m ²)	0,4	1,32
EUI Local (GJ/m ²)	0,2	0,65
Consumo da energia de fonte (GJ)	24,1	79,3
Consumo da energia do local (GJ)	11,8	38,8
Custo da Energia (\$)	1813,7	5960,63
Emissão de gases de efeito estufa (toneladas métricas CO _{2e})	0,8	2,7

Fonte: adaptado Energy Star, 2020.

Como pode ser visto na Figura 20, a plataforma não creditou a pontuação, pois a área do local é menor do que o mínimo requerido. Mas pode-se visualizar alguns bons resultados, como por exemplo, a edificação é superior a 69% das edificações similares com relação a emissão e fonte de energia. Além disso, tem um custo reduzido de energia devido ao sistema de geração fotovoltaica.

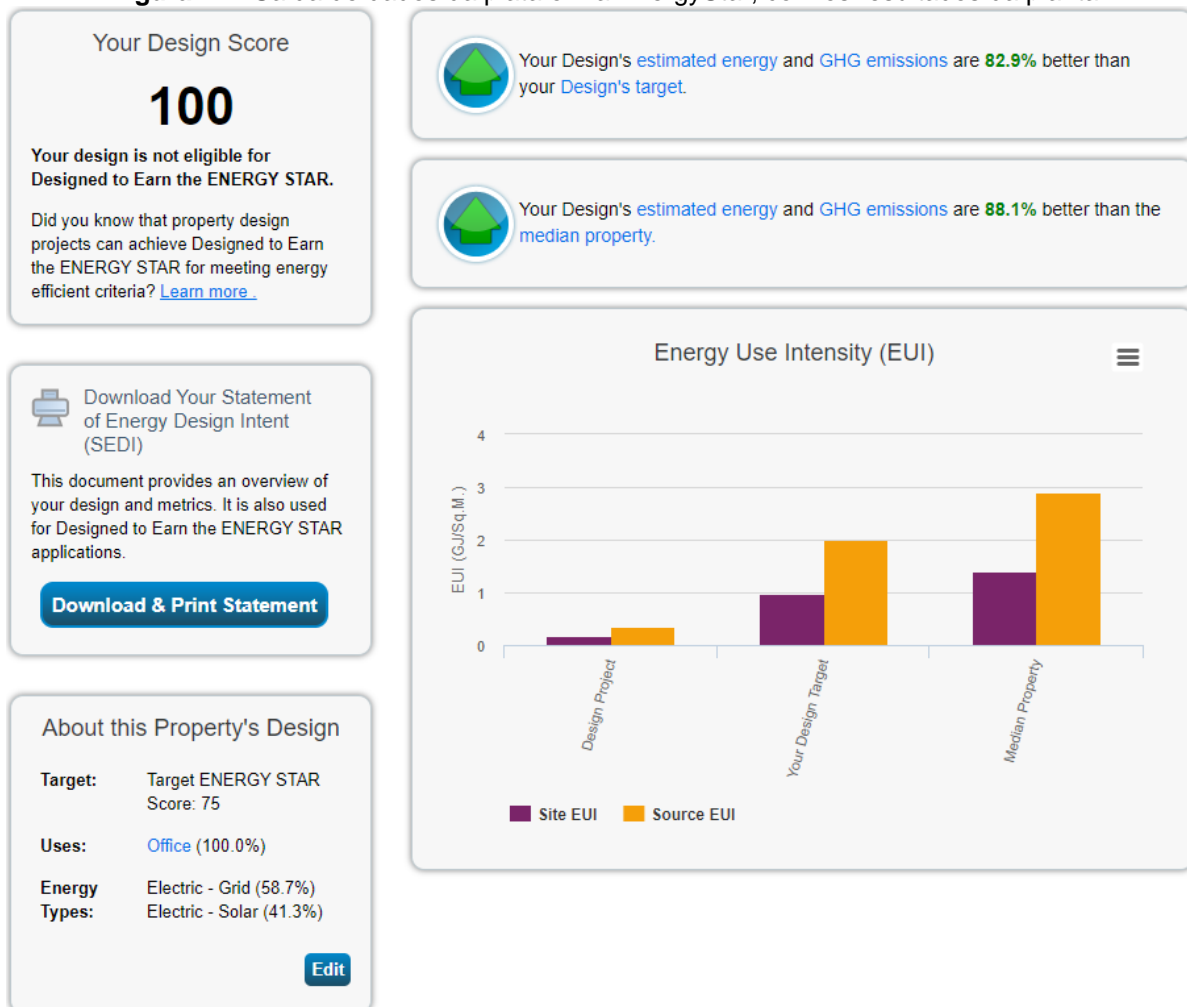
Para fins de estudo, foi simulado uma edificação com o mínimo de tamanho requerido pela plataforma com parâmetros similares ao da construção. A área mínima é de 92,30 m², ou seja, cerca de um terço a mais do que a planta estudada. Assim, modelou-se uma edificação com todos os parâmetros aumentados em um terço (inclusive a dimensão do sistema fotovoltaico instalado), e plotou-se na plataforma os seguintes dados:

- Localização: Araranguá, Santa Catarina;
- Estação meteorológica: Florianópolis;
- Tipo de edificação: escritório;
- Área aproximada: 93,0 m²;
- Tempo de operação semanal: foi utilizado o Default da plataforma, 65 horas;
- Número de pessoas simultâneas na edificação: 8;
- Número de computadores: 8;
- Percentual da edificação que pode aquecido artificialmente: mais de 50%;
- Percentual da edificação que pode refrigerado artificialmente: mais de 50%;
- Tipo de fonte de energia:
 - Rede - consumo de 2532 kWh a uma tarifa de 0,7 \$kWh;

- Sistema fotovoltaico de geração distribuída - consumo de 1789 kWh a uma tarifa de 0,35 \$/kWh (referente ao sistema de distribuição).

Dentro dessa simulação, os seguintes resultados foram obtidos:

Figura 21 - Saída de dados da plataforma EnergyStar, com os resultados da planta.



Fonte: *Energy Star*, 2020.

Tabela 20 - Resultados da Planta Piloto nos parâmetros da metodologia.

Métrica	Projeto da Planta Piloto	Grupo de comparação
Pontuação da <i>Energy Star</i>	100	80
Fonte EUI (GJ/m ²)	0,34	2,89
EUI Local (GJ/m ²)	0,17	1,41
Consumo da energia de fonte (GJ)	32	269
Consumo da energia do local (GJ)	15,6	130,9
Custo da Energia (\$)	2398,55	20189,24
Emissão de gases de efeito estufa (toneladas métricas CO ₂ e)	1,1	9,2

Fonte: adaptado de Energy Star, 2020.

Como pode-se visualizar na Figura 21 e tabela 20, a pontuação obtida foi a máxima. Assim, a pontuação *LEED* da edificação, caso fosse instalado um medidor, seria a máxima de 33 para este crédito.

No entanto, é importante ressaltar que várias estimativas foram realizadas para a obtenção deste resultado, portanto, é possível que existam variações significativas dos resultados reais. Ainda assim, como a pontuação foi bastante alta, mesmo com uma possível redução com os dados reais, é razoável assumir que a edificação está bem colocada nesse quesito.

Crédito 1: Gerenciamento aprimorado de refrigerante

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), apoiar a gestão de energia e reduzir os danos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e alcançando níveis mais elevados de desempenho operacional de energia.

Requisito: não usar refrigerantes, ou utilizar apenas refrigerantes (naturais ou sintéticos) que têm um potencial de esgotamento de ozônio (ODP) de zero e um potencial de aquecimento global (GWP) de menos de 50.

Situação: a edificação possui três condicionadores, como explícito na Tabela 21.

Tabela 21 - Compilação das informações dos climatizadores.

Cômodo	Modelo	Marca	Capacidade	Potência Elétrica	COP	ENCE
Área técnica 3	GWGN09JAND1A1A/1	GREE	9000	810	3,26	A
Área técnica 2	GWC12MB-D1NNA3C/	GREE	13000	1175	3,24	A
Área técnica 1	GWC12MB-D3NNA5E/I	GREE	12000	1085	3,24	A

Fonte: adaptado de Espíndola, 2016.

Os ares-condicionados da Área Técnica 2 e Área Técnica 3 utilizam R22 com gás refrigerante, o da Área Técnica 1 R410A. O primeiro possui um ODP de 0,05 e um GWP de em torno de 1800, já o segundo um ODP de 0, porém um GWP de em torno de 1700, segundo ASHRAE (2016). Esses parâmetros não estão dentro do padrão *LEED*, logo, a pontuação não é somada. É importante ressaltar que o climatizador da Área Técnica 3 não foi instalado, portanto, apenas as Áreas Técnicas 1 e 2 são climatizadas.

Crédito 2: Harmonização de rede

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), aumentar a participação em tecnologias e programas de resposta à demanda que tornem os sistemas de geração e distribuição de energia mais eficientes, aumentem a confiabilidade da rede e reduzam as emissões de gases de efeito estufa.

Requisito: avaliar os sistemas e equipamentos prediais para participação em um programa de resposta à demanda. A geração de eletricidade no local não atende ao objetivo deste crédito.

Situação: o imóvel não possui nenhum tipo de tecnologia para responder a demanda e também não participa de nenhum programa do tipo. Assim, a pontuação não é oferecida. Como a participação desses programas depende da criação deles por agentes externos, o crédito será concebido com impossibilidade de conseguir, pois está dependente de decisões de terceiros.

O Quadro 3 sintetiza a pontuação da Planta Piloto nessa categoria.

Quadro 3 - Quadro resumo da pontuação da edificação na categoria de Energia e atmosfera.

Energia e atmosfera	Pré-requisito/Crédito	Situação
Pré-requisito 1	Melhores Práticas De Gestão De Eficiência Energética	Não cumprido
Pré-requisito 2	Gerenciamento Fundamental de Refrigerante	Cumprido
Pré-requisito 3	Desempenho De Energia	Não cumprido
Crédito 1	Gerenciamento aprimorado de refrigerante	0
Crédito 2	Harmonização de rede	0
Total	-	0

Fonte: do autor.

4.5 RECURSOS E MATERIAIS

Conforme USGBC *Library*, (2020), a parte mais longa do ciclo de vida de um edifício é a fase de uso, comumente chamada de fase de operações. Visando reduzir o impacto ambiental durante a operação, a categoria Materiais e Recursos concentra-se no fluxo constante de produtos sendo comprados e descartados para apoiar as operações do edifício. O ciclo de vida desses produtos e materiais - da extração, processamento e transporte até o uso e descarte - pode causar uma ampla gama de danos ambientais e à saúde humana. Para reduzir esses encargos e, portanto, o impacto de um edifício durante sua fase de operações, as equipes de projeto devem acompanhar a compra e o desperdício de operações de gestão em edifícios existentes.

Pré-requisito 1: Política De Compras

Objetivo: reduzir os danos ambientais de materiais e produtos adquiridos e usados durante as operações e manutenção de edifícios (USGBC *Library*, 2020).

Requisito: implementar uma política de compra para materiais e produtos adquiridos para o projeto durante as operações regulares conforme USGBC *Library* (2020). Incluir no mínimo:

- Consumíveis recorrentes
 - As cinco categorias de produtos mais comprados com base no total de compras anuais.

- Papel, cartuchos de toner, pastas, baterias e acessórios de mesa.
- Alimentos e bebidas
- Equipamentos eletrônicos
 - Lâmpadas (luminárias internas e externas, com fio e portáteis).
 - Equipamento de escritório, eletrodomésticos e equipamento audiovisual.
 - Equipamentos elétricos.

Situação: a edificação não possui plano nesse sentido, portanto não ganhará o pré-requisito.

Pré-requisito 2: Política De Manutenção E Renovação De Instalações

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), reduzir os danos ambientais associados aos materiais adquiridos, instalados e descartados durante as atividades de manutenção e reforma.

Requisito: implementação de uma política de manutenção e renovação de instalações que inclua diretrizes para atividades de renovação e manutenção, usando estratégias de sistema de classificação *LEED*, a serem implementadas a critério dos proprietários, operadores ou inquilinos do edifício. As atividades de renovação incluem melhorias em edifícios e ajustes para locatários e as de manutenção incluem reparo e substituição geral. A política deve cobrir pelo menos as compras de produtos dentro do edifício, além disso deve abordar a gestão de resíduos e qualidade do ar interno.

- Política de compra: ter em vigor uma política de compra de produtos e materiais adquiridos para manutenção das instalações e atividades de renovação. Incluir no mínimo:
 - Elementos de construção básicos permanentemente ou semi permanentemente fixados ao edifício (mecânicos, componentes elétricos e hidráulicos e itens especiais, como elevadores, estão excluídos);
 - Móveis, bem como componentes e peças necessários para mantê-los.
- Política de Gestão de Resíduos: A política deve abordar o seguinte:
 - Resíduos de manutenção de instalações;
 - Resíduos de renovação;

- Separação de resíduos de manutenção e renovação de instalações de resíduos em curso.

Situação: a Planta Piloto não possui tal plano de manutenção e renovação. É algo que é possível implementar, porém como é um pré-requisito, é necessário construir o plano para a obtenção da pontuação.

Pré-requisito 3: Desempenho De Resíduos

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), rastrear e reduzir os resíduos gerados pelos ocupantes dos edifícios e transportados e descartados em aterros e incineradores.

Requisito: disponibilizar locais de armazenamento para materiais recicláveis, incluindo papéis mistos, papelão ondulado, vidro, plásticos e metais. Armazenar e descartar com segurança as baterias e todas as lâmpadas (luminárias internas e externas, com fio e portáteis). Rastrear e medir todos os resíduos contínuos e resíduos de bens duráveis.

Medir o peso total de resíduos (em lbs., kg ou toneladas) que é gerado e o peso total que é desviado de aterros e instalações de incineração por um ano completo ou de uma análise de resíduos. Esses dados e a quantidade de usuários, são dados de entrada para o cálculo da pontuação de desempenho de resíduo segundo USGBC *Library* (2020). A partir dela se calcula a pontuação *LEED*, conforme a Tabela 22.

Situação: existe na Universidade separação por lixo orgânico e reciclável, além do descarte de pilha. Porém, para o ganho desse pré-requisito é necessária uma coleta mais completa e diversificada. Portanto, ele não é cumprido.

Tabela 22 - Tabela de correspondência da pontuação LEED e pontuação de desempenho de resíduos.

Pontuação de desempenho de resíduos	Pontuação LEED
40 (mínimo)	3 (mínimo)
44	4
57	5
69	6
82	7
94	8

Fonte: adaptado de USGBC, 2020.

Crédito 1: Compras

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), reduzir os danos ambientais de materiais e produtos adquiridos, usados, instalados e descartados durante as operações e manutenção de edifícios.

Requisito: crédito há quatro opções para se conseguir as pontuações. Todas elas se resumem a controlar por um mês a compra de determinado material, mudando apenas qual é o material escolhido. As opções são: Consumíveis em andamento, Materiais de construção, Equipamento eletrônico e Alimentos e Bebidas. A opção que mais se encaixa para a planta é a primeira, que diz respeito a materiais usados na rotina como papel, cadernos, lápis e borracha.

Situação: não há nenhum tipo de acompanhamento de compras dos materiais usados pelos integrantes. Portanto, os pontos não serão creditados, porém o índice “P” será adicionado já que é algo que pode ser realizado sem grandes investimentos.

O Quadro 4 sintetiza a pontuação da Planta Piloto nessa categoria.

Quadro 4 - Quadro resumo da pontuação da edificação na categoria de Recursos e Materiais.

Recursos e Materiais	Pré-requisito/Crédito	Situação
Pré-requisito 1	Política De Compras	Não cumprido
Pré-requisito 2	Política De Manutenção E Renovação De Instalações	Não cumprido
Pré-requisito 3	Desempenho De Resíduos	Não cumprido
Crédito 1	Compras	0
Total	-	0

Fonte: do autor.

4.6 QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO

Conforme USGBC *Library*, (2020), a categoria Qualidade do ambiente interno recompensa as decisões tomadas pelas equipes de projeto sobre a qualidade do ar interno, conforto térmico e visual e satisfação dos ocupantes.

Pré-requisito 1: Qualidade Mínima Do Ar Interior

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), contribuir para o conforto e bem-estar dos ocupantes do edifício, estabelecendo padrões mínimos de qualidade do ar interno.

Requisito: conforme USGBC *Library*, (2020), realizar a manutenção do sistema de ventilação e componentes associados com base na Tabela 8.2 da ASHRAE 62.1-2016. Incluir informações sobre a operação do sistema de ventilação e manutenção preventiva nos requisitos atuais das instalações e no plano de operações e manutenção necessários para conformidade com os pré-requisitos da seção Energia e Atmosfera nas Melhores Práticas de Gerenciamento de Eficiência Energética.

Para espaços ventilados mecanicamente, medir a vazão total de ar externo e verificar se os resultados estão dentro de 10% das taxas descritas nos requisitos e operações das instalações atuais e plano de manutenção.

Para locais ventilados naturalmente, deve-se seguir o Quadro 5.

Quadro 5 - Quadro resumo dos parâmetros a serem seguidos neste crédito.

Tipo de abertura	Localidade da abertura	Tamanho da abertura
	Distância máxima de abertura operáveis	Tamanho mínimo de área
Abertura simples	2x altura até o teto	4% área do chão
Abertura dupla	5x altura até o teto	4% área do chão
Abertura de canto	5x altura até o teto (Ao longo de uma linha desenhada entre as duas aberturas mais distantes; para a área do piso fora da linha, cumprir com a abertura lateral única)	4% área do chão

Fonte: ASHRAE, 2016

Situação: algumas das janelas apresentam abertura simples e outras duplas. Na Tabela 23, pode-se ver a relação entre o tamanho da abertura com o tamanho do cômodo (coluna AA/AC, onde AA é a área da abertura e AC a área do cômodo). Todos eles estão acima dos 4% estipulados pela norma, portanto, a edificação está dentro

dos parâmetros aceitáveis nesse sentido. Além disso, outro parâmetro é a distância entre as aberturas, a qual não pode exceder o parâmetro do Quadro 2. Um resumo das distâncias entre janelas e os respectivos limites, pode ser visualizado na Tabela 24, como nenhum limite é excedido, a edificação está dentro dos requisitos. Como os dois requisitos são cumpridos, o pré-requisito também é cumprido.

Tabela 23 - Quadro resumo das dimensões da Planta Piloto, além do cálculo do AJ/AI.

Abertura	Área Janela (m²)	Área interna que está inserida	Área (m²)	AA/AC
P1	3,12	Área técnica 1	27,1	12%
J1	3,36	Área técnica 1	27,1	12%
J1A	3,36	Área técnica 2	13,8	24%
J2	2,8	Área técnica 1	27,1	10%
J3	0,36	Sanitário 1	2,55	14%
J3A	0,36	Sanitário 2	2,55	14%
J4	1,4	Corredor	7,5	19%
J4A	1,4	Corredor	7,5	19%
J5	1,96	Área técnica 3	9,2	21%

Fonte: do autor.

Tabela 24 - Resumo das distâncias entre as aberturas da edificação.

Abertura	Tipo de abertura	Abertura mais próxima	Distância máxima (m)	Distância estimada (m)
P1	Simple	J1	6	~2,5
J1	Dupla	J2	15	~2,5
J1A	Dupla	Abertura para a área técnica 1	15	~4,8
J2	Dupla	J1	15	~2,5
J3	Simple	Abertura para o corredor	6	~3
J3A	Simple	Abertura para o corredor	6	~3
J4	Simple	Abertura para a área técnica 1	6	~4
J4A	Simple	Abertura para o sanitário	6	~4
J5	Simple	Abertura para a área técnica 2	6	~5

Fonte: do autor.

Pré-requisito 2: Controle Ambiental De Fumo De Tabaco

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), prevenir ou minimizar a exposição dos ocupantes do edifício, superfícies internas e sistemas de distribuição de ventilação e ar à fumaça do tabaco ambiental.

Requisito: este pré-requisito inclui a fumaça do tabaco, bem como a fumaça produzida a partir da combustão de cannabis e substâncias controladas e as emissões produzidas por dispositivos eletrônicos de fumar. Proibir fumar no prédio.

Situação: fumo é proibido dentro do ambiente da universidade, portanto, pré-requisito cumprido.

Pré-requisito 3: Política De Limpeza Verde

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), reduzir os níveis de contaminantes químicos, biológicos e particulados que podem comprometer a qualidade do ar, a saúde humana, acabamentos de edifícios, sistemas de edifícios e meio ambiente.

Requisito: conforme USGBC *Library*, (2020), há duas possibilidades para esse requisito: possuir uma política de limpeza verde própria ou terceirizando a ação. O plano deve seguir os seguintes parâmetros:

Metas de desempenho

Uso de produtos, materiais e equipamentos de limpeza que atendem aos critérios do crédito: limpeza verde.

Metas e Estratégias

Procedimentos operacionais padrão para a limpeza eficaz de pisos duros e carpetes.

Provisões para abordar a proteção dos ocupantes do edifício durante a limpeza, incluindo populações vulneráveis.

Diretrizes para seleção e uso apropriado de desinfetantes e higienizadores.

Diretrizes para armazenamento e manuseio seguro de produtos químicos de limpeza usados na construção, incluindo um plano de gerenciamento de derramamentos perigosos e incidentes de manuseio incorretos.

Estratégias para reduzir a toxicidade dos produtos químicos usados para lavanderia, lavagem de louças e outras atividades de limpeza.

Estratégias para conservar energia, água e produtos químicos durante a limpeza.

Estratégias para promover e melhorar a higiene das mãos.

Pessoal

Requisitos para a equipe de manutenção, incluindo planejamento de contingência, para garantir que os serviços básicos de limpeza sejam atendidos e críticas às necessidades de limpeza sejam atendidas. Incluir um processo para obter informações do ocupante e da equipe de custódia e feedback após a implementação dos planos de contingência.

Tempo e frequência de treinamento para a equipe de manutenção sobre riscos de uso, descarte e reciclagem de produtos químicos de limpeza, equipamentos de distribuição e embalagens.

Situação: a limpeza é realizada pelo pessoal da Universidade, a qual não segue os padrões que são requisitados pela certificação. Portanto, o pré-requisito não é cumprido.

Pré-requisito 4: Desempenho De Qualidade Ambiental Interior

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), avaliar o desempenho do edifício para os ocupantes, em particular no que diz respeito à qualidade do ar interior e conforto.

Requisito: conforme USGBC *Library*, (2020), realizar uma pesquisa de satisfação e uma avaliação da qualidade do ar interno. Para a pesquisa de satisfação, os ocupantes regulares do edifício devem ser entrevistados. Além disso, realizar testes do ar, buscando os seguintes contaminantes:

- Contaminantes inorgânicos:
 - Monóxido de Carbono (CO);
 - Dióxido de carbono (CO₂);
 - Ozônio (O₃);
 - PM2.5.
- Compostos orgânicos voláteis:
 - Acetaldeído (75-07-0);
 - Benzeno (71-43-2);
 - Estireno (100-42-5);
 - Tolueno (108-88-3);
 - Naftaleno (91-20-3);
 - Diclorobenzeno (1,4-) (106-46-7);
 - Xilenos-total (108-38-3, 95-47-6 e 106-42-3);
 - Formaldeído (50-00-0);
 - Compostos orgânicos voláteis totais (TVOC) (conforme definido na ISO 16000-6).

Com os resultados será construído uma Pontuação de Experiência Humana, com os seguintes pesos:

- Pesquisa de satisfação (ponderação de 50%);
- Pontuação de inorgânicos (ponderação de 25%);
- Pontuação de orgânicos voláteis (ponderação de 25%).

Situação: apesar do imóvel possuir um sistema de monitoramento de temperatura ambiente e umidade relativa interna, nunca houve testes de contaminantes na edificação. Logo, o pré-requisito não foi cumprido. No entanto, é algo que pode ser revisto para uma tentativa de aumentar a pontuação do edifício no futuro.

Com relação à pesquisa de satisfação requerida pelo pré-requisito, PRADO (2020) realizou uma similar ao requisitado pela certificação na própria planta. Será demonstrado os valores dessa pesquisa, em vez de realizar uma nova, pois a planta está atualmente desocupada. A pesquisa dividiu os resultados em sensação térmica, aceitabilidade térmica e preferência térmica. Nas Tabelas 25 e 26 e na Figura 22, pode-se visualizar os resultados da pesquisa de sensação térmica. A Tabela 25 demonstra as características dos entrevistados, e a data de coleta. A Tabela 26, mostra a escala utilizada, que foi a escala sétima da ASHRAE. Já a Figura 22, expõe os resultados da pesquisa.

Tabela 25 - Dados coletados pela autora da pesquisa.

Período	Data	Quest. Aplicados	Gênero		Média de idade	Isol. Médio da vestimenta (clo)
			F	M		
Quente	16/05/2019	3	1	2	31	0,500
	22/05/2019	4	3	1	28,5	0,552
Frio	10/07/2019	2	1	1	23,5	0,910
	16/07/2019	2	1	1	31	0,795

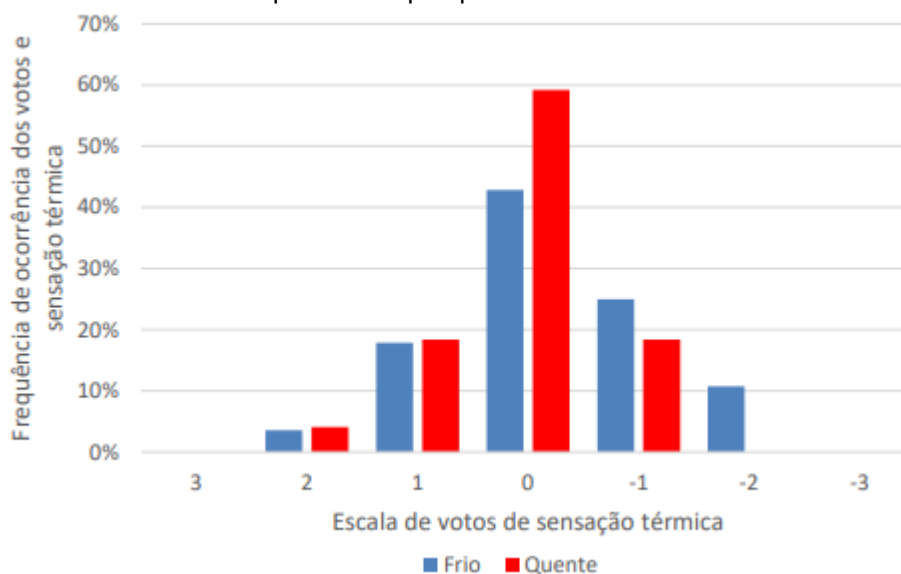
Fonte: adaptado de PRADO, 2020.

Tabela 26 - Escala sétima da ASHRAE.

Com muito calor	3
Com calor	2
Levemente com calor	1
Neutro	0
Levemente com frio	-1
Com frio	-2
Com muito frio	-3

Fonte: adaptado de PRADO, 2020.

Figura 22 - Frequência de ocorrência dos votos de sensação térmica por período da pesquisa: frio e calor.



Fonte: PRADO, 2020.

O ambiente térmico interno da edificação estudada foi avaliado como aceitável pela maioria dos usuários, tendo 95% de aceitabilidade e 5% não aceitabilidade. (PRADO, 2020).

Crédito 1: Limpeza Verde

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), reduzir os níveis de contaminantes químicos, biológicos e particulados, que podem comprometer a saúde humana, os acabamentos e sistemas de edifícios e o meio ambiente, por meio da implementação de procedimentos de limpeza eficazes.

Requisito: conforme USGBC *Library*, (2020), existem quatro opções para se escolher nesse caso, e deve-se escolher uma delas para conseguir um ponto. As opções são:

1. Avaliação da eficácia da custódia: realizar inspeção de rotina e monitoramento da política de limpeza verde da instalação para verificar se as estratégias especificadas estão sendo usadas e para identificar as áreas que precisam de melhorias;
2. Sistemas de entrada: instalar sistemas de entrada permanente com pelo menos 3 metros de comprimento na direção principal de deslocamento para capturar a sujeira e as partículas que entram no prédio em entradas externas usadas regularmente;

3. Equipamento de zeladoria motorizado: pelo menos 40%, por custo, de todos os equipamentos elétricos de zeladoria (adquiridos, alugados ou usados por empreiteiros) usados para limpar o projeto atendem aos critérios estabelecidos pelo *LEED*, detalhes mais aprofundados podem ser encontrados na biblioteca *LEED*;
4. Produtos e materiais de limpeza: pelo menos 75% de todos os produtos e materiais de limpeza, por custo, devem atender a pelo menos um dos padrões estabelecidos pela certificação (que podem ser encontrados de maneira mais completa na biblioteca *LEED* (USGBC Library, 2020).). A conformidade pode ser demonstrada por meio de um inventário de produtos ou do total de compras anuais.

Situação: a planta não se adequa dentro dos parâmetros estabelecidos, portanto, a pontuação não é somada. Como é um crédito, é possível conseguir o índice “P”. No entanto, é interessante registrar aqui que os sanitários do local possuem um revestimento *clean tech* que, segundo o fabricante, ajuda a reduzir a concentração de microrganismos depositados na área.

Crédito 2: Controle De Pragas Integrado

Objetivo: conforme USGBC Library, (2020), minimizar problemas de pragas e exposição a pesticidas.

Requisito: há duas opções para esse crédito. A primeira é a implementação de um plano de manejo integrado de pragas para a construção e o terreno dentro dos limites do projeto. O plano IPM deve incluir os elementos previstos na regra do *LEED*, que pode ser encontrado na biblioteca do site. E a segunda é conseguir uma certificação para o local, as quais podem ser: *GreenPro*, *EcoWise*, *GreenShield* ou uma local equivalente.

Situação: existe um controle de pestes para as áreas internas da universidade, porém não para as áreas externas. Assim, o crédito não é obtido.

O Quadro 6 sintetiza a pontuação da Planta Piloto nessa categoria.

Quadro 6 - Quadro resumo da pontuação da edificação na categoria de Qualidade do Ambiente Interno.

Qualidade Do Ambiente Interno	Pré-requisito/Crédito	Situação
Pré-requisito 1	Qualidade Mínima Do Ar Interior	Cumprido
Pré-requisito 2	Controle Ambiental De Fumo De Tabaco	Cumprido
Pré-requisito 3	Política De Limpeza Verde	Não cumprido
Pré-requisito 4	Desempenho De Qualidade Ambiental Interior	Não cumprido
Crédito 1	Limpeza Verde	0
Crédito 2	Controle De Pragas Integrado	0
Total	-	0

Fonte: do autor.

4.7 INOVAÇÃO

Conforme USGBC *Library*, (2020), O propósito desta categoria *LEED* é reconhecer projetos por características ou práticas de construção inovadoras e exemplares que geram benefícios ambientais além daqueles endereçados ou especificados nas outras categorias de crédito.

Crédito único: Inovação

Objetivo: conforme USGBC *Library*, (2020), estimular projetos para alcançar desempenho excepcional ou inovador. Para encorajar a integração da experiência *LEED* e colaboração para as prioridades do projeto.

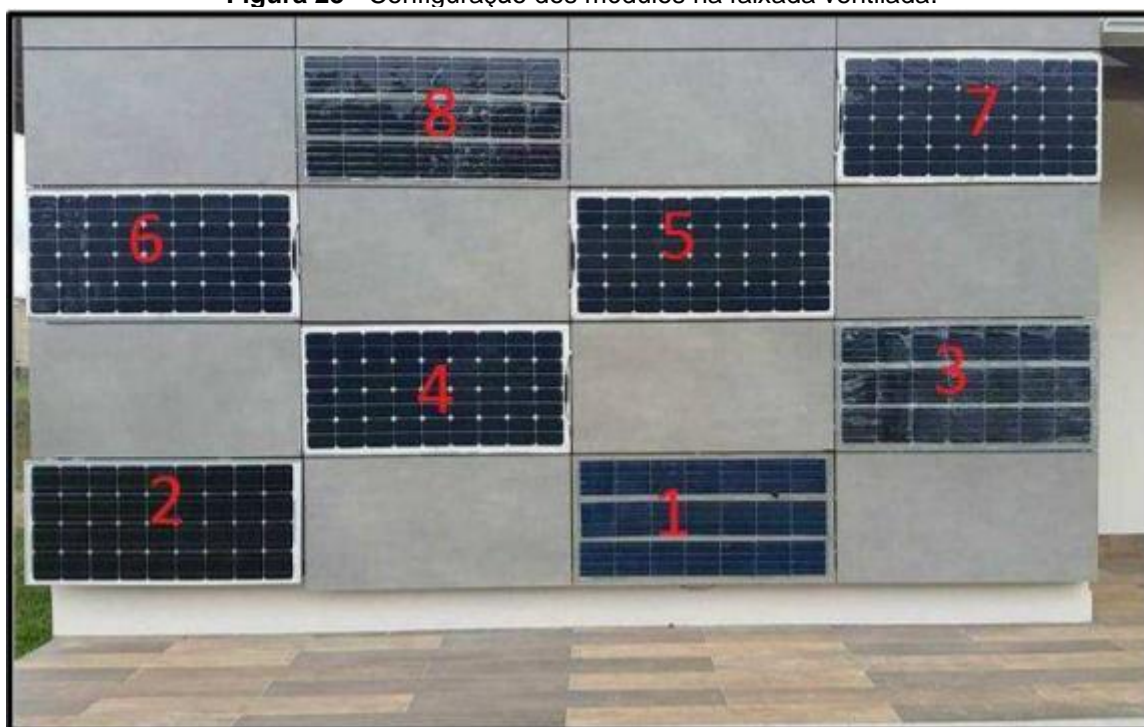
Requisito: conforme USGBC *Library*, (2020), pelo menos um participante principal da equipe do projeto deve ser um *LEED Accredited Professional (AP)* com especialidade em Operações e Manutenção. Além disso, é necessário alcançar desempenho ambiental significativo e mensurável usando uma estratégia não abordada no sistema de classificação, incluindo pré-requisitos, pontos de base e estratégias que contribuem para as pontuações nas cinco categorias de desempenho. É necessário identificar os seguintes pontos:

- A intenção da estratégia de inovação proposta;
- Requisitos propostos para conformidade;

- Apresentações para demonstrar conformidade e métrica (s) proposta (s) para rastreamento (se aplicável);
- A abordagem ou estratégias de design usadas para atender aos requisitos.

Situação: a planta possui uma fachada ventilada de revestimento cerâmico, e nela foram integrados protótipos de módulos fotovoltaicos, com o objetivo de analisar o desempenho desses módulos. Na Figura 23, é possível visualizar um esquema da instalação dos módulos na fachada, e, na Tabela 27, a descrição da configuração deles. A Tabela 28, mostra algumas características dos módulos utilizados.

Figura 23 - Configuração dos módulos na fachada ventilada.



Fonte: ROSSO, 2016.

Tabela 27 - Configuração dos módulos.

Módulo	Configuração
Prot 1	4, 5, 6, 7
Prot 2	3
Prot 3	1
Prot 4	8
Convencional	2

Fonte: adaptado de ROSSO, 2016.

Tabela 28 - Estruturas dos protótipos dos módulos fotovoltaicos

Protótipos	Estrutura do módulo	Tipo de célula
Prot 1	Semi flexível	Monocristalina
Prot 2	Vidro/EVA	Monocristalina
Prot 3	Vidro/Silicone	Policristalina
Prot 4	Resina PU/Catalisador/EVA	Monocristalina

Fonte: adaptado de ROSSO, 2016.

O sistema serviu de objeto de estudo dos módulos fotovoltaicos instalados, que foram analisados com relação à exposição solar e a testes de desempenho elétrico. No primeiro teste, apenas o protótipo 4 foi reprovado. No segundo teste, foi analisada a correlação entre a corrente de curto circuito e a irradiância solar do local. Atestou-se que todos os protótipos possuem uma relação linear positiva entre as duas grandezas (ROSSO, 2016).

Ainda são necessários outros testes de desempenho elétrico, para a obtenção de resultados mais expressivos e conseguir se adequar aos requisitos do crédito, mas a constatação inicial é de que o sistema possui viabilidade técnica de aplicação. No entanto, a pontuação não é creditada devido à falta de dados de viabilidade técnica e econômica, além de não possuir um profissional *LEED* envolvido no processo.

4.8 RESULTADOS FINAIS

A pontuação final da Planta Piloto Bioclimática está exposta na Figura 24.

Figura 24 - Pontuação final obtida pela Planta Piloto Bioclimática.



LEED v4.1 Operação e Manutenção: Edificações Existentes

Tabela de desempenho

Y	?	N				Y	?	N			
12	0	2	Localização e Transporte		14	0	9	0	Recursos e Materiais		9
12	0	2	Prereq	Desempenho de Transporte	14	0	0	X	Prereq	Política De Compras	Obrigatório
Y	?	N				0	0	X	Prereq	Política De Manutenção E Renovação De Instalações	Obrigatório
1	3	0	Terrenos Sustentáveis		4	0	8	0	Prereq	Desempenho De Resíduos	8
0	1	0	Credit	Gestão da água da chuva	1	0	1	0	Credit	Compras	1
1	0	0	Credit	Redução da ilha de calor	1						
0	1	0	Credit	Redução da poluição luminosa	1						
0	1	0	Credit	Gerenciamento do terreno	1						
Y	?	N				0	22	0	Qualidade do Ambiente Interno		22
0	15	0	Uso Racional da Água		15	X	0	0	Prereq	Qualidade Mínima Do Ar Interior	Obrigatório
0	15	0	Prereq	Desempenho do Uso Racional da Água	15	0	0	X	Prereq	Controle Ambiental De Fumo De Tabaco	Obrigatório
Y	?	N				0	0	X	Prereq	Política De Limpeza Verde	Obrigatório
0	34	1	Energia e Atmosfera		35	0	20	0	Prereq	Desempenho De Qualidade Ambiental Interior	20
0	0	X	Prereq	Melhores Práticas De Gestão De Eficiência	Obrigatório	0	1	0	Credit	Limpeza Verde	1
X	0	0	Prereq	Gerenciamento Fundamental de Refrigerante	Obrigatório	0	1	0	Credit	Controle De Pragas Integrado	1
0	33	0	Prereq	Desempenho De Energia	33	Y	?	N			
0	1	0	Credit	Gerenciamento aprimorado de refrigerante	1	0	1	0	Inovação		1
0	0	1	Credit	Harmonização de rede	1	0	1	0	Credit	Inovação	1
13	84	3	TOTAL		Pontos possíveis 100						

Certificado: 40-49 pontos, Prata: 50-59 pontos, Ouro: 60-79 pontos, Platina: 80+ pontos

Fonte: do autor.

A pontuação final da construção foi 13, com 84 pontos de possíveis melhorias e 3 de impossibilidade. Apesar do imóvel possuir várias estratégias de sustentabilidade, ela perdeu muitos pontos em pré-requisitos que exigiam, por exemplo, medidores de água e energia, fazendo com que a pontuação daquela categoria inteira fosse perdida. Abaixo, está listado, por categoria, algumas sugestões que poderiam ser realizadas para o aumento da pontuação.

Terrenos sustentáveis

Crédito 1: Gestão da água da chuva

Ação: instalação de sistema de captação da água da chuva. Nesse caso, seria necessário um investimento.

Crédito 3: Redução da poluição luminosa

Ação: desativar refletores do solo e instalar luminárias na planta com ângulo menor que 90 graus.

Uso Racional da Água

Pré-requisito 1: Desempenho do Uso Racional da Água.

Ação: instalação de medidor de água junto à concessionária da cidade, ou medidor próprio a fins de estudo.

Energia e atmosfera

Pré-requisito 1: Melhores Práticas De Gestão De Eficiência Energética

Ação: realização da auditoria nível 1 descrita na norma ASHRAE (ASHRAE, 2016) e construção de um plano de operação, com no mínimo os seguintes aspectos:

- Uma sequência atual de operações para o edifício;
- Cronograma de ocupação do projeto;
- Cronogramas de tempo de operação de cada equipamento;
- Pontos de ajuste para todos os equipamentos AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado);
- Pontos de ajuste para níveis de iluminação em todo o projeto;
- Requisitos mínimos de ar externo;
- Quaisquer mudanças em programações ou pontos de ajuste para diferentes estações, dias da semana e horas do dia;
- Uma descrição de todos os sistemas e equipamentos mecânicos e elétricos no projeto; e
- Um plano de manutenção preventiva para os equipamentos descritos no item acima.

Pré-requisito 3: Desempenho De Energia

Ação: instalação de medidor de energia específico para a edificação. Essa ação poderia conceder até 33 pontos para a edificação.

Recursos e Materiais

Pré-requisito 1: Política De Compras

Ação: criar política de compras para as operações recorrentes, com base nos requerimentos estipulados pela certificação *LEED* já descrita anteriormente na análise deste pré-requisito.

Pré-requisito 2: Política De Manutenção E Renovação De Instalações

Ação: elaboração de um plano de política de manutenção e renovação, conforme norma *LEED*.

Pré-requisito 3: Desempenho De Resíduos

Ação: criar política de coleta seletiva nos parâmetros das normas do *LEED*.

Crédito 1: Compras

Ação: criar plano de acompanhamento de compra de materiais utilizados no dia a dia da edificação. A sugestão é seguir a opção 1: Consumíveis em andamento, que necessita que siga os seguintes parâmetros:

Por pelo menos um mês, ter o controle de todas as compras de consumíveis em andamento. Comprar pelo menos 50%, por custo, do total de consumíveis em andamento que atendam a pelo menos um dos seguintes critérios.

- Materiais e produtos reciclados: O conteúdo das compras deve atender ou exceder os níveis listados nas Diretrizes de Aquisições Abrangentes da Agência de Proteção Ambiental dos EUA. Produtos não abrangidos pelas Diretrizes podem obter o crédito por seu conteúdo reciclado sem mínimo.
- Uso prolongado: As baterias devem ser recarregáveis. Os cartuchos para impressoras a laser devem ser remanufaturados.
- Produtos de base biológica: Produtos de base biológica devem atender à Rede de Agricultura Sustentável Padrão de agricultura sustentável. As matérias-primas de base biológica devem ser testadas usando o Teste ASTM Método D6866 e ser legalmente colhidas, conforme definido pelo país exportador e receptor. Excluir produtos de couro e outros materiais de pele de animais.
- Papel e produtos de madeira: Os produtos de papel e madeira devem ser certificados pelo *Forest Stewardship Council* ou equivalente aprovado pelo USGBC.
- Reutilização de materiais: Reutilizar inclui produtos recuperados, reconicionados ou reutilizados
- Responsabilidade estendida do produtor: Produtos adquiridos de um fabricante (produtor) que participa de um programa de responsabilidade estendida do produtor.

Qualidade do ambiente interno

Pré-requisito 3: Política De Limpeza Verde

Ação: criar plano de limpeza com base nas normativas *LEED*.

Pré-requisito 4: desempenho De Qualidade Ambiental Interior

Ação: realizar medições dos poluentes citados na norma *LEED*.

Crédito 1: Limpeza Verde

Escolher uma das opções e construir um plano de limpeza.

Crédito 2: Controle De Pragas Integrado

Criar controle com base nas normativas *LEED* ou buscar aderir a uma certificação específica.

Inovação

Crédito único

Ação: finalizar os testes nos protótipos de painéis solares na fachada ventilada e realizar a instalação definitiva dos módulos com maior desempenho. Além disso, continuar com o acompanhamento de desempenho por pelo menos 1 ano.

O Quadro 7 mostra um resumo dos itens acima, levando em consideração a realização de todas as ações. O pré-requisito 3 de energia e atmosfera, foi considerado 33 como explicado na análise deste item, e o pré-requisito 3 de recursos e materiais, considerou-se o máximo, ou seja, oito. Além disso, com relação ao pré-requisito 4 da categoria de Qualidade do ambiente interno, foi considerada a pontuação máxima.

Quadro 7 - Quadro resumo dos créditos e pré-requisitos sugeridos.

Categoria	Crédito/pré-requisito	Pontuação adquirida
Terrenos sustentáveis	Crédito 1 - Gestão da água da chuva	1
	Crédito 3 - Redução da poluição luminosa	1
Uso Racional da Água	Pré-requisito 1 - Desempenho do Uso Racional da Água	15
Energia e atmosfera	Pré-requisito 1 - Melhores Práticas De Gestão De Eficiência Energética	-
	Pré-requisito 3 - Desempenho De Energia	33
Recursos e Materiais	Pré-requisito 1 - Política De Compras	-
	Pré-requisito 2 - Política De Manutenção E Renovação De Instalações	-
	Pré-requisito 3 - Desempenho De Resíduos	8
	Crédito 1 - Compras	1
Qualidade do ambiente interno	Pré-requisito 3 - Política De Limpeza Verde	-
	Pré-requisito 4 - desempenho De Qualidade Ambiental Interior	20
	Crédito 1 - Limpeza Verde	1
	Crédito 2 - Controle De Pragas Integrado	1
Inovação	Crédito único - Inovação	1
Total	-	83

Fonte: do autor.

Com a implementação de todas essas estratégias a planta sairia de 13 pontos para 96, o que a classificaria no nível Platina, que é o máximo da certificação, como pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Pontuação final após melhorias.



LEED v4.1 Operação e Manutenção: Edificações Existentes
Tabela de desempenho

Y	?	N			
12	0	2	Localização e Transporte		14
12	0	2	Prereq	Desempenho de Transporte	14
3	1	0	Terrenos Sustentáveis		4
1	0	0	Credit	Gestão da água da chuva	1
1	0	0	Credit	Redução da ilha de calor	1
1	0	0	Credit	Redução da poluição luminosa	1
0	1	0	Credit	Gerenciamento do terreno	1
15	0	0	Uso Racional da Água		15
15	0	0	Prereq	Desempenho do Uso Racional da Água	15
34	0	1	Energia e Atmosfera		35
x	0	0	Prereq	Melhores Práticas De Gestão De Eficiência	Obrigatório
x	0	0	Prereq	Gerenciamento Fundamental de Refrigerante	Obrigatório
33	0	0	Prereq	Desempenho De Energia	33
1	0	0	Credit	Gerenciamento aprimorado de refrigerante	1
0	0	1	Credit	Harmonização de rede	1
9	0	0	Recursos e Materiais		9
x	0	0	Prereq	Política De Compras	Obrigatório
x	0	0	Prereq	Política De Manutenção E Renovação De Instalações	Obrigatório
8	0	0	Prereq	Desempenho De Resíduos	8
1	0	0	Credit	Compras	1
22	0	0	Qualidade do Ambiente Interno		22
x	0	0	Prereq	Qualidade Mínima Do Ar Interior	Obrigatório
x	0	0	Prereq	Controle Ambiental De Fumo De Tabaco	Obrigatório
x	0	0	Prereq	Política De Limpeza Verde	Obrigatório
20	0	0	Prereq	Desempenho De Qualidade Ambiental Interior	20
1	0	0	Credit	Limpeza Verde	1
1	0	0	Credit	Controle De Pragas Integrado	1
1	0	0	Inovação		1
1	0	0	Credit	Inovação	1
96	1	3	TOTAL		Pontos possíveis 100

Certificado: 40-49 pontos, Prata: 50-59 pontos, Ouro: 60-79 pontos, Platina: 80+ pontos

Fonte: do autor.

No entanto, a realização de todas essas ações seria bastante custosa tanto no quesito econômico quanto no de tempo de execução, então propõe-se um segundo cenário de alguns créditos “baratos” que aumentariam a pontuação com um esforço relativamente baixo quando comparado ao anterior. O cenário citado pode ser visualizado no Quadro 8. O pré-requisito 3 de energia e atmosfera, foi considerado 33 como explicado na análise deste item, e o pré-requisito 3 de recursos e materiais, considerou-se o mínimo, para a creditação da pontuação, ou seja, três. Já no caso do pré-requisito 4, considerou a pontuação mínima de oito.

Quadro 8 - Quadro resumo dos créditos e pré-requisitos sugeridos.

Categoria	Crédito/pré-requisito	Pontuação adquirida
Energia e atmosfera	Pré-requisito 1 - Melhores Práticas De Gestão De Eficiência Energética	-
	Pré-requisito 3 - Desempenho De Energia	33
Recursos e Materiais	Pré-requisito 1 - Política De Compras	-
	Pré-requisito 2 - Política De Manutenção E Renovação De Instalações	-
	Pré-requisito 3 - Desempenho De Resíduos	3
	Crédito 1 - Compras	1
Qualidade do ambiente interno	Pré-requisito 3 - Política De Limpeza Verde	-
	Pré-requisito 4 - desempenho De Qualidade Ambiental Interior	8
	Crédito 1 - Limpeza Verde	1
	Crédito 2 - Controle De Pragas Integrado	1
Total	-	47

Fonte: do autor.

Assim, é possível conseguir 47 pontos acima do obtido, totalizando 60 pontos, o que adequaria a edificação no nível ouro da certificação, como pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 - Pontuação final após melhorias no segundo cenário proposto.



LEED v4.1 Operação e Manutenção: Edificações Existentes
Tabela de desempenho

Y	?	N			Y	?	N				
12	0	2	Localização e Transporte		14	4	5	0	Recursos e Materiais	9	
12	0	2	Prereq	Desempenho de Transporte	14	x	0	0	Prereq	Política De Compras	Obrigatório
Y	?	N				x	0	0	Prereq	Política De Manutenção E Renovação De Instalações	Obrigatório
1	3	0	Terrenos Sustentáveis		4	3	5	0	Prereq	Desempenho De Resíduos	8
0	1	0	Credit	Gestão da água da chuva	1	1	0	0	Credit	Compras	1
1	0	0	Credit	Redução da ilha de calor	1						
0	1	0	Credit	Redução da poluição luminosa	1						
0	1	0	Credit	Gerenciamento do terreno	1						
Y	?	N				Y	?	N			
0	15	0	Uso Racional da Água		15	10	12	0	Qualidade do Ambiente Interno		22
0	15	0	Prereq	Desempenho do Uso Racional da Água	15	x	0	0	Prereq	Qualidade Mínima Do Ar Interior	Obrigatório
Y	?	N				x	0	0	Prereq	Controle Ambiental De Fumo De Tabaco	Obrigatório
33	1	1	Energia e Atmosfera		35	x	0	0	Prereq	Política De Limpeza Verde	Obrigatório
x	0	0	Prereq	Melhores Práticas De Gestão De Eficiência	Obrigatório	8	12	0	Prereq	Desempenho De Qualidade Ambiental Interior	20
x	0	0	Prereq	Gerenciamento Fundamental de Refrigerante	Obrigatório	1	0	0	Credit	Limpeza Verde	1
33	0	0	Prereq	Desempenho De Energia	33	1	0	0	Credit	Controle De Pragas Integrado	1
0	1	0	Credit	Gerenciamento aprimorado de refrigerante	1	Y	?	N			
0	0	1	Credit	Harmonização de rede	1	0	1	0	Inovação		1
						0	1	0	Credit	Inovação	1
60	37	3	TOTAL		Pontos possíveis 100						

Certificado: 40-49 pontos, Prata: 50-59 pontos, Ouro: 60-79 pontos, Platina: 80+ pontos

Fonte: do autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da difusão do conceito de sustentabilidade no setor de construção civil, as certificações com esse viés têm ganhado muito espaço no mercado. Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação multicritério da Planta Piloto Bioclimática localizada no campus Araranguá, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A Planta Piloto possui uma grande variedade de estratégias de arquitetura bioclimática e de eficiência energética. Destaca-se a fachada ventilada, o telhado termoacústico, os materiais isolantes utilizados na construção e a localização das aberturas, visando o aproveitamento da ventilação cruzada e da luz natural. Além disso, possui dois sistemas fotovoltaicos, um isolado que atende a iluminação externa e outro de geração distribuída que atende às demais cargas. Somado a isso, a edificação foi utilizada para testes de módulos fotovoltaicos instalados na fachada ventilada. Por fim, possui um sistema de medição de variáveis ambientais (temperatura e umidade) internas e externas, a partir da estação meteorológica.

Apesar de vasta gama de estratégias relacionadas à eficiência energética, a edificação não apresenta um planejamento de sustentabilidade abrangente. O manejo de recursos gerais para o funcionamento diário da edificação e a gestão de resíduos não foram abordados para o projeto da edificação e não foram incluídos durante a operação posteriormente. As questões de gerenciamento do terreno, políticas de limpeza e uso racional da água também não são desenvolvidas no local.

Além disso, alguns aspectos fundamentais para uma gestão mais sustentável de uma edificação, como medidores de utilidades (água e energia) específicos para a edificação, também estão faltando. Isso fez com que a pontuação da planta piloto ficasse abaixo de seu potencial.

Visto isso, é necessário a criação de políticas de utilização da Planta Piloto e implementação de estratégias que vão além da economia de energia, visando a obtenção de um nível mais alto de sustentabilidade. Seguindo esse caminho será possível atingir o patamar de edificação sustentável e uma pontuação superior à obtida dentro da certificação.

No entanto, como mostrado no capítulo de resultados finais, a aplicação de algumas dessas estratégias pode ser realizada de maneira simples e pouco custosa, aumentando o nível da edificação dentro da certificação. Para futuras melhorias,

sugere-se focar em sanar as lacunas mais fundamentais que a edificação possui, principalmente os medidores de energia e água individuais, separados da edificação principal, e posteriormente, focar na aplicação das outras estratégias sugeridas por este trabalho.

REFERÊNCIAS

NASCIMENTO, Tainah Leão; LEÃO, Danielle Comitante; ROCHA, Joice Stela Melo. Certificação Ambiental Na Construção Civil Brasileira. Revista Acadêmica FEOL, v. 1, n. 1, p. 104-118, 2016.

DALLA COSTA, Eduardo; MORAES, CSB de. Construção Civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, Unipinhal**, v. 10, n. 3, p. 160-169, 2013.

OLIVETI, Roberto Carlos. Energia, sustentabilidade e certificação na construção. 2010.

OLIVEIRA, Jorge Antonio Cunha; SPOSTO, Rosa Maria; BLUMENSCHEIN, Raquel Naves. Ferramenta para avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal. Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas, n. 2, p. 11, 2012.

VALENTE, Josie Pingret. Certificações na construção civil: comparativos entre LEED e HQE. 2009.

OTOBO, Alex Ogaranya; SANTANA, Antonio Cordeiro; COSTA, Carlos Fonseca. Índice de responsabilidade socioambiental empresarial no distrito administrativo de Icoaraci (Daico), Belém–Pará. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 12, n. 1, 2016.

Caixa Economica Federal. Caixa, 2020. Selo Caixa Azul. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/negocios-sustentaveis/selo-casa-azul-caixa/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

Fundação Vanzolini. Vanzolini, 2020. certificacao-aqua-hqe. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

PROCEL EDIFICA. PROCELINFO, 2020. PROCEL EDIFICA. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

Building Research Establishment Environmental Assessment Method. BREEAM, 2020. [how-breeam-certification-works](https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works). Disponível em: <<https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

Green Building Council Brasil. GBC Brasil, 2020. *LEED* para novos interiores. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-LEED/tipologia-idc/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

Green Building Council Brasil. GBC Brasil, 2020. *LEED* para novas construções. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-LEED/tipologia-bdc/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

Green Building Council Brasil. GBC Brasil, 2020. *LEED* para edifícios existentes. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-LEED/tipologia-om/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

SANTOS, Gislaine Matias dos. *Certificação LEED: sustentabilidade em empreendimentos imobiliários para certificação ambiental*. São Paulo, 2014.

BUENO, Cristiane; ROSSIGNOLO, João Adriano. Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação. *Minerva*, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2010.

HERNANDES, Thiago Zaldini. *LEED-NC como sistema de avaliação de sustentabilidade: uma perspectiva nacional?*. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, Sâmia Ferreira. Uma análise do sistema de certificação *LEED* no Brasil. 2016.

DAO CONG, Thanh. *LEED* Certification: The Difference Between Version 3 and Version 4. 2018.

U.S. Green Building Council. USGBC, 2020. About-brand. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/about/brand>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

U.S. Green Building Council. USGBC, 2016. *LEED*-numbers-16-years-steady-growth. Disponível em: < <https://www.usgbc.org/articles/LEED-numbers-16-years-steady-growth>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

U.S. Green Building Council. USGBC, 2020. *LEED* rating system. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/LEED>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

SILVA, Tiago Bitelo da. Diretrizes para certificação *LEED*: o estudo de caso da Escola SESI de Ensino Médio. 2016.

FASANELLA, Ana Maria. A Sustentabilidade para o Condomínio Rochaverá Corporate Towers, em São Paulo. *arq. urb*, n. 15, p. 115-127, 2016.

RODRIGUES, Matheus Silva et al. Certificação *LEED*: A reforma sustentável do estádio Mineirão e suas vantagens. *Revista Eletrônica TECCEN*, v. 12, n. 2, p. 30-38, 2019.

GUERRA, Mariana de Rezende et al. Projeto e desenvolvimento de uma planta piloto com conceitos de arquitetura bioclimática. 2016.

BILÉSIMO, Thayane Lodete et al. Análise do impacto de estratégias bioclimáticas no desempenho energético de uma planta piloto. 2019.

U.S. Green Building Council. (USGBC *Library*, 2020). *LEED Credit Library*. Disponível em: <<https://www.usgbc.org/credits?Version=%22v4.1%22&Rating+System=%22New+Construction%22>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

ESPÍNDOLA, Gabriel da Silveira et al. Simulação energética de uma planta piloto com elementos de arquitetura bioclimática e geração distribuída com sistemas fotovoltaicos. 2016.

Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL, 1998. Cool Roofing Materials Database. Disponível em: <<https://heatisland.lbl.gov/resources/cool-roofing-materials-database>>. Acesso em: 16 de abr. de 2021.

CROTTI, Pâmela et al. DIMENSIONAMENTO, INSTALAÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA ALIMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO EXTERNA DE UMA PLANTA PILOTO BIOCLIMÁTICA. 2019.

ENERGY STAR. *Energy Star*, 2020. PortfolioManager. Disponível em: <<https://portfoliomanager.energystar.gov/pm/targetFinder;jsessionid=59988F5868028C00C896D0EA5328BB9D?execution=e1s1>>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

ENERGY STAR. *Energy Star*, 2020. The Difference Between Source and Site Energy. Disponível em: <https://www.energystar.gov/buildings/benchmark/understand_metrics/source_site_difference>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

ENERGY STAR. *Energy Star*, 2020. How the 1-100 *ENERGY STAR* Score is Calculated. Disponível em: <https://www.energystar.gov/buildings/benchmark/understand_metrics/how_score_calculated>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

ENERGY STAR. *Energy Star*, 2020. How Portfolio Manager Calculates Greenhouse Gas Emissions. Disponível em:

<https://www.energystar.gov/buildings/benchmark/understand_metrics/how>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

PRADO, Marina Santos et al. Análise de indicadores de conforto térmico a partir de métodos adaptativos em uma planta piloto bioclimática. 2019.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE, 2016. ASHRAE Standard 62.1 – 2019. Disponível em: <https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_62.1_2019>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE, 2016. ASHRAE Standard 34.1 – 2016. Disponível em: <https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_34_2016>. Acesso em: 15 de abr. de 2021.

ROSSO, André Possamai et al. Desenvolvimento de protótipos de módulos fotovoltaicos integrados em revestimento cerâmico para aplicação em fachadas ventiladas. 2016.