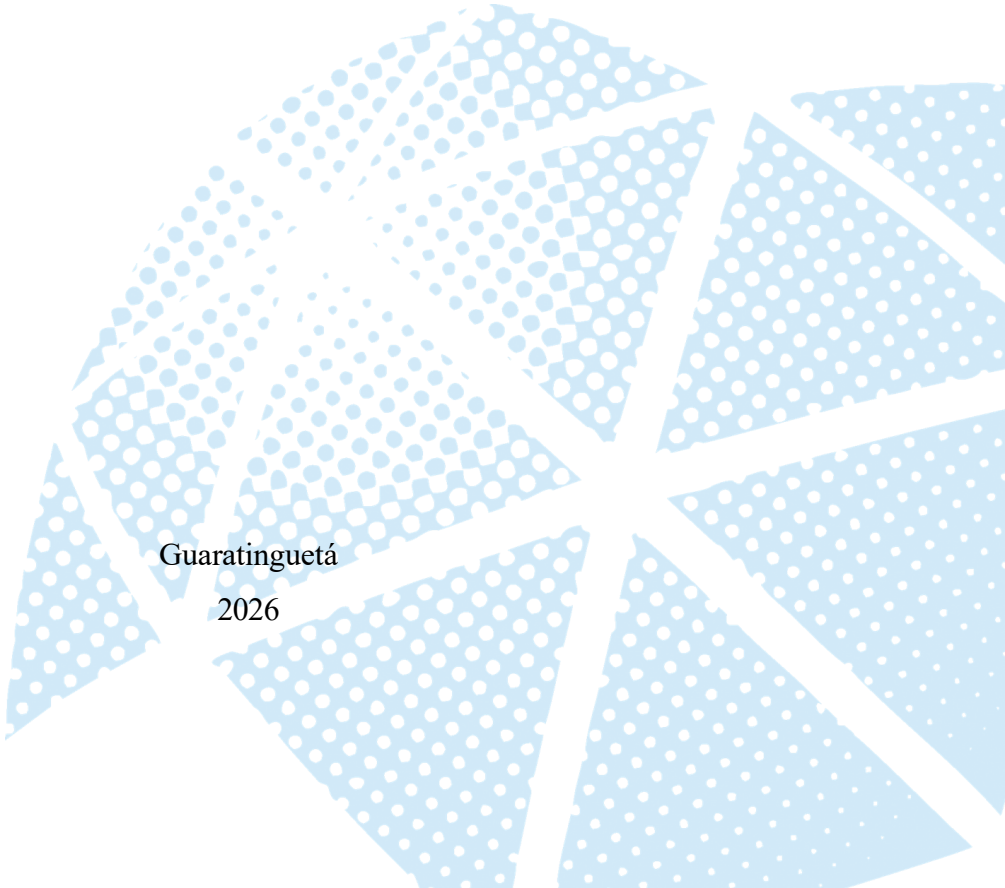


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

ARTHUR ESTEVAN FERRAREZI GREGÓRIO

**Desenvolvimento de uma ferramenta analítica no *Microsoft Power BI* para
monitoramento de certificações LEED no Brasil**

Guaratinguetá
2026



ARTHUR ESTEVAN FERRAREZI GREGÓRIO

**Desenvolvimento de uma ferramenta analítica no Microsoft Power BI para
monitoramento de certificações LEED no Brasil**

Trabalho de Graduação apresentado à
Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus
de Guaratinguetá – FEG, para obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina de
Barros Trannin

Guaratinguetá

2026

G821d	Gregório, Arthur Estevan Ferrarezi Desenvolvimento de uma ferramenta analítica no Microsoft Power BI para monitoramento de certificações LEED no Brasil / Arthur Estevan Ferrarezi Gregório - Guaratinguetá, 2026. 60 f : il. Bibliografia: f. 55-59 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2026. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Isabel Cristina de Barros Trannin 1. Construção sustentável. 2. Arquitetura sustentável. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Construção civil.

CDU 69

ARTHUR ESTEVAN FERRAREZI GREGÓRIO

**Desenvolvimento de uma ferramenta analítica no Microsoft Power BI para
monitoramento de certificações LEED no Brasil**

Trabalho de Graduação apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Câmpus de Guaratinguetá, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data da defesa: 28/07/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN
Data: 30/07/2026 08:59:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin.
Orientadora/UNESP-FEG

Documento assinado digitalmente
 VICTOR ARRUDA FERRAZ DE CAMPOS
Data: 31/07/2026 10:24:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Victor Arruda Ferraz de Campos
UNESP-FEG

Documento assinado digitalmente
 GABRIEL ORQUIZAS MATTIELO PEDROSO
Data: 31/07/2026 10:36:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gabriel Orquizas Mattiello Pedroso
UNESP-FEG

Guaratinguetá – 2026

“A arte está em sintetizar fins e meios para chegar a uma boa solução”

(Sir Ove Arup, tradução livre)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me sustentado ao longo de toda esta trajetória, concedendo-me força, discernimento e perseverança para enfrentar os desafios e concluir esta importante etapa da minha vida.

À minha família, por permanecer ao meu lado durante os anos de graduação. À minha mãe, pelo cuidado, pelas cobranças necessárias e pelo incentivo constante para que eu continuasse seguindo em frente. Aos meus irmãos e à minha namorada, pelo companheirismo, pela compreensão e pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Faço um agradecimento especial ao meu pai, que me incentivou durante todo o desenvolvimento deste projeto, acompanhou de perto cada etapa e esteve sempre disponível para me orientar e auxiliar. Sua presença e participação foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À República Amoribunda e aos amigos que fizeram parte dessa fase da minha vida, pelas experiências compartilhadas, pela convivência e por tudo o que contribuíram para o meu amadurecimento pessoal e acadêmico.

À minha orientadora, Profa. Dra. Isabel Cristina de Barros Trannin, pela paciência, dedicação e acompanhamento ao longo de todo o processo. Agradeço também aos professores que participaram da minha formação e contribuíram, por meio de seus ensinamentos, para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

A conclusão desta etapa representa também a contribuição de todas essas pessoas, que fizeram parte da minha caminhada e tornaram possível essa conquista.

RESUMO

Considerando a importância das práticas sustentáveis e das certificações ambientais na construção civil, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver, no *Microsoft Power BI*, uma ferramenta analítica capaz de apoiar o monitoramento e a análise dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED no Brasil. A certificação ambiental constitui um importante indicador do compromisso das edificações com a sustentabilidade, enquanto a organização e a visualização dos dados possibilitam ampliar a compreensão das informações relacionadas aos projetos certificados. Para o desenvolvimento da ferramenta, foram utilizados os dados públicos disponibilizados pelo *United States Green Building Council*, posteriormente coletados, tratados, padronizados e consolidados. A base final reuniu 831 empreendimentos das tipologias *Building Design and Construction* (BD+C), *Interior Design and Construction* (ID+C) e *Operations and Maintenance* (O+M), classificados nos níveis Silver, Gold e Platinum, distribuídos em 17 unidades federativas e 145 municípios, totalizando aproximadamente 19,43 milhões de metros quadrados de área certificada. O ambiente analítico foi estruturado em painéis interativos que permitem explorar informações relacionadas à distribuição geográfica e temporal dos empreendimentos, às tipologias e aos níveis de certificação, ao desempenho nas categorias e nos créditos avaliados pelo LEED, além do detalhamento individual dos projetos. Foram realizadas análises gerais, comparativas e individualizadas com a finalidade de demonstrar as possibilidades de aplicação dos recursos desenvolvidos. A ferramenta resultante possibilita consultar, relacionar e comparar os dados dos empreendimentos em diferentes níveis de detalhamento, contribuindo para o acompanhamento das certificações LEED no cenário brasileiro. Dessa forma, o trabalho demonstra a aplicabilidade do *Business Intelligence* na organização e na exploração de informações relacionadas à construção sustentável.

Palavras-chave: *Power BI*; *Business intelligence*; Certificação LEED; Construção sustentável; Análise de dados.

ABSTRACT

Considering the importance of sustainable practices and environmental certifications in the construction industry, this study aimed to develop an analytical tool in Microsoft Power BI to support the monitoring and analysis of LEED-certified projects in Brazil. Environmental certification is an important indicator of a building's commitment to sustainability, while data organization and visualization can improve the understanding of information related to certified projects. The tool was developed using public data provided by the United States Green Building Council, which were subsequently collected, cleaned, standardized, and consolidated. The final dataset comprised 831 projects from the *Building Design and Construction* (BD+C), *Interior Design and Construction* (ID+C), and *Operations and Maintenance* (O+M) rating systems, classified at the Silver, Gold, and Platinum levels, distributed across 17 federative units and 145 municipalities, and totaling approximately 19.43 million square meters of certified area. The analytical environment was structured into interactive dashboards that enable the exploration of information related to the geographic and temporal distribution of projects, certification typologies and levels, performance across LEED categories and credits, and the individual details of each project. General, comparative, and project-specific analyses were conducted to demonstrate the potential applications of the developed resources. The resulting tool enables users to query, relate, and compare project data at different levels of detail, contributing to the monitoring of LEED certifications in Brazil. Therefore, the study demonstrates the applicability of Business Intelligence to the organization and exploration of information related to sustainable construction.

Keywords: Power BI; Business Intelligence; LEED certification; Sustainable construction; Data analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Tripé da Sustentabilidade.....	18
Figura 2 –	Etapas do LEED.....	20
Figura 3 –	Categorias de avaliação da certificação LEED.....	21
Figura 4 –	Níveis de certificação LEED.....	23
Figura 5 –	Ciclo de vida de um empreendimento em modelo paramétrico do BIM.....	25
Figura 6 –	Dimensões da metodologia BIM.....	25
Figura 7 –	Fluxograma das etapas desenvolvidas para a construção e demonstração da ferramenta analítica.....	29
Figura 8 –	Exemplo de <i>scorecard</i> com as pontuações das categorias e dos créditos da certificação LEED.....	33
Figura 9 –	Interface principal da ferramenta analítica desenvolvida no Microsoft Power BI.....	37
Figura 10 –	Distribuição geográfica dos empreendimentos da base analisada.....	38
Figura 11 –	Número de empreendimentos da base analisada por unidade da federação.....	38
Figura 12 –	Evolução anual dos empreendimentos da base analisada.....	39
Figura 13 –	Distribuição dos empreendimentos certificados por tipologia LEED.....	40
Figura 14 –	Distribuição dos empreendimentos certificados por nível de certificação LEED.....	40
Figura 15 –	Evolução anual dos empreendimentos certificados por tipologia LEED.....	42
Figura 16 –	Pontuação média dos empreendimentos por tipologia LEED.....	42
Figura 17 –	Distribuição da área certificada por tipologia LEED.....	43
Figura 18 –	Taxa média de aproveitamento por categoria da certificação LEED.....	44
Figura 19 –	Pontuação média obtida e média dos pontos possíveis por categoria da certificação LEED.....	45

Figura 20 –	Evolução anual da taxa média de aproveitamento das categorias LEED.....	45
Figura 21 –	Pontuação média dos empreendimentos por nível de certificação LEED.....	48
Figura 22 –	Diferença média de pontuação entre empreendimentos Platinum e Silver por categoria da certificação LEED.....	48
Figura 23 –	Taxa média de aproveitamento das categorias por nível de certificação LEED.....	49
Figura 24 –	Pontuação média dos empreendimentos por faixa de área certificada.....	50
Figura 25 –	Análise individual do empreendimento Nice Brazil – Limeira Plant, certificado no nível Silver.....	51
Figura 26 –	Análise individual do empreendimento CAPOTE 210 – COMERCIAL, certificado no nível Gold.....	52
Figura 27 –	Análise individual do empreendimento Condomínio Salma Tower, certificado no nível Platinum.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Distribuição dos níveis de certificação por tipologia LEED	41
Tabela 2 –	Pontuação média obtida, média dos pontos possíveis e taxa média de aproveitamento por categoria da certificação LEED	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BD+C	Building Design and Construction
BI	Business Intelligence
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
GBC	Green Building Council
GBC-BR	Green Building Council Brasil
GBCI	Green Business Certification Inc.
ID+C	Interior Design and Construction
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBR	Norma Brasileira
O+M	Operations and Maintenance
PIB	Produto Interno Bruto
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
USD	United States Dollar
USGBC	United States Green Building Council
WCED	World Commission on Environment and Development
WEF	World Economic Forum
WELL	WELL Building Standard

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS.....	16
3.1.1 Sustentabilidade na Construção Civil.....	16
3.1.2 Certificações Ambientais na Construção Civil.....	19
3.2 CERTIFICAÇÃO LEED	20
3.2.1 Conceitos e Funcionamento da Certificação LEED	20
3.2.2 Tipologias da Certificação LEED.....	20
3.2.3 Critérios de Avaliação Da Certificação LEED.....	21
3.2.4 Benefícios da Certificação LEED	21
3.2.5 Níveis de Certificação LEED	22
3.3 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E INTELIGENTES	23
3.3.1 BIM e Green BIM.....	24
3.4 Business Intelligence e Power BI	26
3.4.1 Business Intelligence	26
3.4.2 Microsoft Power BI.....	27
3.4.3 Aplicação do Power BI na Análise de Dados.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 ETAPAS DA PESQUISA.....	29
4.1.1 Revisão Bibliográfica	29
4.1.2 Coleta dos Dados.....	30

4.1.3 Estruturação e Tratamento da Base de Dados no Microsoft Excel.....	31
4.1.4 Construção das URLs dos Scorecards LEED.....	32
4.1.5 Extração Automatizada dos Dados dos Scorecards LEED no Power Query	32
4.1.6 Consolidação dos Dados	33
4.1.7 Importação e Modelagem dos Dados no Microsoft Power BI.....	34
4.1.8 Desenvolvimento dos Dashboards Interativos.....	34
4.1.9 Demonstração das Possibilidades de Aplicação da Ferramenta.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 FERRAMENTA ANALÍTICA DESENVOLVIDA.....	36
5.2 PANORAMA DOS EMPREENDIMENTOS DA BASE ANALISADA	37
5.3 PERFIL DAS CERTIFICAÇÕES LEED	39
5.4 DESEMPENHO DAS CATEGORIAS LEED	43
5.5 ANÁLISE DOS CRÉDITOS LEED.....	46
5.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS EMPREENDIMENTOS	47
5.7 ESTUDOS DE CASO.....	50
6. CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICE A – ACESSO À FERRAMENTA ANALÍTICA DESENVOLVIDA NO MICROSOFT POWER BI	60

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil enfrenta o desafio de conciliar a adoção de inovações tecnológicas com a implementação de práticas sustentáveis. Enquanto as novas tecnologias podem contribuir para o aumento da eficiência e da produtividade, as práticas sustentáveis são fundamentais para mitigar os impactos ambientais e promover a responsabilidade social no setor. A integração desses aspectos, contudo, envolve desafios técnicos, econômicos e operacionais que precisam ser considerados ao longo do ciclo de vida das edificações (KLEIN *et al.*, 2022; OLIVEIRA; ALVES, 2023).

De acordo com Sartori e Calmon (2019), os edifícios são responsáveis pela geração de impactos significativos durante todo o seu ciclo de vida, relacionados ao consumo de água, energia, combustíveis fósseis e matérias-primas, além da emissão de dióxido de carbono e da geração de resíduos sólidos. Esse cenário reforça a necessidade de instrumentos capazes de orientar, avaliar e reconhecer a adoção de práticas sustentáveis no ambiente construído.

Entre esses instrumentos, destacam-se as certificações ambientais, que estabelecem critérios para avaliar o desempenho das edificações em aspectos como eficiência energética, uso racional da água, materiais e recursos, qualidade ambiental interna e redução dos impactos ambientais. Nesse contexto, a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) apresenta ampla utilização no cenário nacional e internacional. Tecnologias e conceitos como *Green BIM* e *Smart Building* também se relacionam a esse processo ao contribuírem para a gestão das informações, a eficiência dos sistemas e o desempenho sustentável das edificações (REZENDE *et al.*, 2021; BOTARO; MEDINA, 2023).

A certificação LEED contempla diferentes tipologias, versões e níveis de certificação, gerando um amplo conjunto de informações sobre os empreendimentos avaliados. Entre os dados disponibilizados publicamente pelo *United States Green Building Council* (USGBC), encontram-se a identificação e a localização dos projetos, a área certificada, a tipologia, o sistema adotado, o nível alcançado e as pontuações obtidas nas categorias e nos créditos da certificação. Embora acessíveis, essas informações são apresentadas em grande volume e, em parte, de maneira individualizada para cada empreendimento, o que torna mais complexa sua organização e consulta conjunta.

Diante do volume e da diversidade dessas informações, ferramentas de *Business Intelligence* podem contribuir para sua organização, integração, visualização e exploração. O

Microsoft Power BI permite a elaboração de painéis interativos compostos por filtros, indicadores, mapas, gráficos e tabelas, possibilitando diferentes formas de consulta e análise sobre uma mesma base de dados. Essas tecnologias têm sido aplicadas em diferentes áreas do conhecimento para apoiar o acompanhamento de indicadores e a identificação de padrões e tendências (NEGASH, 2004; MICROSOFT, 2025).

Nesse contexto, este trabalho de graduação teve como finalidade desenvolver, no *Microsoft Power BI*, uma ferramenta analítica capaz de apoiar o monitoramento e a análise dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED no Brasil. Para sua construção, foram coletados, tratados, padronizados e consolidados os dados públicos disponibilizados pelo USGBC. As análises gerais, comparativas e individualizadas apresentadas no trabalho foram utilizadas para demonstrar as possibilidades de aplicação da ferramenta e os diferentes níveis de exploração proporcionados pelo ambiente analítico desenvolvido.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver, no *Microsoft Power BI*, uma ferramenta analítica capaz de apoiar o monitoramento e a análise dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED no Brasil, com base nos dados públicos disponibilizados pelo *United States Green Building Council* (USGBC).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar a literatura nacional e internacional sobre construção sustentável, certificações ambientais, sistema LEED, *Business Intelligence* e *Microsoft Power BI*;
- Coletar, tratar, padronizar e consolidar os dados públicos dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED no Brasil;
- Desenvolver painéis interativos no *Microsoft Power BI*, contendo indicadores, filtros, mapas, gráficos e tabelas que possibilitem a exploração dos dados em diferentes níveis de detalhamento;
- Demonstrar as possibilidades de aplicação da ferramenta por meio de análises gerais, comparativas e individualizadas dos empreendimentos certificados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que sustentam o desenvolvimento da ferramenta analítica, abrangendo a sustentabilidade na construção civil, as certificações ambientais, o sistema LEED, as construções sustentáveis e inteligentes, o BIM, o *Green BIM*, o *Business Intelligence* e o *Microsoft Power BI*.

3.1 CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

A busca por práticas mais sustentáveis tornou-se um dos principais desafios da construção civil contemporânea, em razão da relevância econômica do setor e dos impactos ambientais associados às suas atividades. Nesse contexto, conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável e às certificações ambientais passaram a desempenhar papel fundamental na promoção de edificações mais eficientes, responsáveis e alinhadas às demandas atuais da sociedade. Assim, este tópico apresenta os principais fundamentos da sustentabilidade aplicados à construção civil e o papel das certificações ambientais como instrumentos de avaliação e incentivo às boas práticas do setor.

3.1.1 Sustentabilidade na Construção Civil

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2020), o setor da construção civil teve seu ponto de melhor desempenho já registrado no ano de 2014, representando 6,2% do PIB brasileiro e cerca de R\$306,95 bilhões de Valor Agregado Bruto. No cenário global, a construção civil também representa grande importância para a economia mundial. Segundo o World Economic Forum (WEF, 2016), a indústria da construção civil representa cerca de 6% do PIB global, com receitas anuais totais de quase USD 10 trilhões e valor agregado de USD 3,6 trilhões. Em países desenvolvidos, a construção civil representa cerca de 5% do PIB total, enquanto, nos países em desenvolvimento, essa participação pode ultrapassar 8%.

Além de apresentar grande relevância econômica, o setor também provoca impactos ambientais significativos. Para Gasques *et al.* (2014), a construção civil é reconhecida como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de um país, mas também como grande geradora de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos

naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a indústria da construção civil apresenta elevado consumo de recursos naturais e uso intensivo de energia, além de estar entre os setores responsáveis por emissões significativas de gases de efeito estufa e pela geração de grandes quantidades de resíduos (BRASIL, 2018).

De acordo com o Fórum Econômico Mundial, essa indústria consome cerca de 50% da produção global de aço e 3 bilhões de toneladas de matérias-primas são utilizadas por ano para fabricar produtos de construção em todo o mundo, enquanto representa 6% do PIB global (WEF, 2016). Em questão de resíduos, Agopyan e John (2011) relatam que a construção civil demanda entre 4 e 7 toneladas de materiais por habitantes por ano. Parte do elevado consumo de materiais e da geração de resíduos estão associados às perdas de materiais em canteiro de obras (SOUZA et al., 1998).

Em relação ao consumo energético, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2014) afirma que seu crescimento está diretamente relacionado com o crescimento populacional. Dessa forma, estima-se que o consumo residencial total de energia elétrica sofrerá, até 2050, um aumento de 67% no consumo de energia. Um cenário mais extremo foi evidenciado no setor de serviços, onde o consumo poderá apresentar crescimento de até 92% no mesmo período.

Segundo Pinheiro (2002), a demanda hídrica do setor também se mostra significativa, sendo 25% do consumo total de água destinado à construção civil nos países industrializados. Estima-se que cerca de 1 bilhão de m³ de água são consumidos por ano na confecção do concreto globalmente, além de grandes volumes de água potável serem utilizados para lavar equipamentos, ferramentas, agregados e para a cura do concreto (Ghrai et al., 2018).

De acordo com Pinto (2005), o setor tem o desafio e a necessidade de conciliar uma atividade produtiva desta magnitude com condições que resultem em um desenvolvimento sustentável consciente e menos agressivo ao ambiente. O relatório Brundtland (WCED, 1987) estabeleceu que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em atender às suas próprias necessidades. Elkington (1994) destaca que as estratégias para buscar o desenvolvimento sustentável devem abranger três dimensões: ambiental, sociocultural e econômica. Esse conceito foi definido pelo autor como *Triple Bottom Line*, ou Tripé da Sustentabilidade, onde a dimensão ambiental remete ao Planeta, a dimensão sociocultural às Pessoas, ou apenas Social, e a econômica ao

Lucro, ou Prosperidade. Para o autor, encontrar um equilíbrio entre essas três dimensões, onde as metas estabelecidas sejam ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis é o verdadeiro objetivo do desenvolvimento sustentável.

Para Conto, Oliveira e Ruppenthal (2017), um dos principais desafios da construção civil consiste em buscar o equilíbrio entre as dimensões do Triple Bottom Line e aplicá-las de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a garantia do equilíbrio desses três pilares na construção civil possibilitaria a redução de seu impacto ambiental, tendo atreladas a responsabilidade social e as melhorias das condições ambientais.

Figura 1 – Tripé da Sustentabilidade



Fonte: Giovanelli (2015).

O World Economic Forum também apontou o crescimento populacional nas áreas urbanas como um dos principais desafios que exigem ações da indústria da construção civil, uma vez que essas áreas necessitam de acesso à habitação, além de infraestrutura, transporte e serviços públicos. Em vista disso, o ambiente a ser construído necessita ser planejado e produzido no intuito de atender às reais necessidades das populações, assumindo-se compromissos com o bem-estar, a inovação e a sustentabilidade como um todo (WEF, 2016).

3.1.2 Certificações Ambientais na Construção Civil

Uma das principais estratégias para promover tais conceitos e compromissos na construção civil consiste na utilização de programas de certificação ambiental. Dentre os diversos sistemas existentes, destaca-se a certificação LEED, amplamente difundida no cenário internacional. De acordo com a NBR 16636-1, a certificação ambiental consiste na comprovação do atendimento a uma metodologia de avaliação do desempenho da sustentabilidade, realizada por organismo certificador e fundamentada em referenciais e processos técnicos acreditados (ABNT, 2017).

Os valores de sustentabilidade dos ambientes construídos podem ser relacionados a indicadores ou parâmetros, destinados a uma melhor percepção e avaliação deles (ZANIBONI; DE MARCO; FLORIAN, 2022). Esses indicadores são analisados em sistemas de classificação ou certificação que permitem diferenciar e reconhecer edifícios que adotaram práticas e princípios de sustentabilidade (GOULART, 2005). Silva (2003 *apud* Zaniboni, De Marco e Florian, 2022) afirma que esses sistemas de certificações, por sua vez, são métodos eficientes para aumentar o desempenho do produto construído e garantir a sustentabilidade do setor da construção.

Segundo Klein *et al.* (2022), diversos modelos de certificação vêm ganhando espaço no Brasil e, dentre os principais modelos presentes no cenário nacional, destacam-se dois grupos: Certificações nacionais: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para edificações (PROCEL); Selo de Alta Qualidade Ambiental (AQUA); Certificação *Green Building Council Brasil* (GBC) e suas quatro variações (Casa, Condomínio, Life e Zero Energy); Certificações internacionais: norte-americana *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED); inglesa *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM); e norte-americana *WELL Building Standard* (WELL). Dentre essas certificações, destaca-se a metodologia LEED, amplamente difundida e utilizada no cenário nacional e internacional.

Klein *et al.* (2022) afirmam que alguns dos principais benefícios relacionados ao *Triple Bottom Line* decorrentes da aplicação de certificações em edificações são, por exemplo, o uso racional e reduzido dos recursos naturais, materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental; gerenciamento dos resíduos da construção; a diminuição dos custos operacionais; valorização

do imóvel para revenda ou arrendamento; satisfação e bem-estar dos usuários; e estímulo a políticas para construção sustentável.

3.2 CERTIFICAÇÃO LEED

A certificação LEED é uma das principais metodologias internacionais de avaliação ambiental de edificações, sendo amplamente utilizada para reconhecer empreendimentos que adotam práticas sustentáveis. Neste tópico serão apresentados seus conceitos fundamentais, tipologias, critérios de avaliação, benefícios e níveis de certificação.

3.2.1 Conceitos e funcionamento da Certificação LEED

Segundo o *Green Building Council Brasil* (GBC-BR, 2022), o *Leadership in Energy and Environmental Design*, ou LEED, é um *sistema* internacional de certificação e orientação ambiental para edificações utilizado em mais de 160 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obras e operações das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações.

A obtenção da certificação LEED envolve etapas relacionadas ao registro do projeto, submissão da documentação, auditoria e certificação final do empreendimento, constituindo um processo estruturado de avaliação do desempenho ambiental das edificações. A Figura 2 apresenta de forma simplificada esse processo.

Figura 2 – Etapas do processo de Certificação LEED



Fonte: *Green Building Council Brasil* (2022).

3.2.2 Tipologias da Certificação LEED

A certificação LEED está disponível para vários edifícios e projetos, com diferentes requisitos e sistemas de pontuação. As tipologias utilizadas na presente análise são:

- LEED BD+C (Building Design + Construction): Utilizada para novas construções e grandes reformas, avaliando aspectos de sustentabilidade desde a fase de projeto até a execução da edificação.
- LEED ID+C (Interior Design + Construction): Utilizada na adequação de interiores em espaços comerciais e institucionais.
- LEED O+M (Operations and Maintenance): Utilizada em edifícios existentes, focada em práticas de manutenção sustentável.

Essas três tipologias foram consideradas por representarem os sistemas utilizados na base de dados analisada nesta pesquisa.

3.2.3 Critérios de avaliação da Certificação LEED

A certificação LEED organiza seus critérios de avaliação em categorias relacionadas ao desempenho sustentável das edificações. Considerando os sistemas e as versões contemplados na base de dados desta pesquisa, foram identificadas nove categorias: Processo Integrado; Localização e Transporte; Espaços Sustentáveis; Eficiência da Água; Energia e Atmosfera; Materiais e Recursos; Qualidade Ambiental Interna; Inovação de Projeto; e Créditos de Prioridade Regional, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Categorias de avaliação da certificação LEED



Fonte: Adaptado de *US. Green Building Council* (2022).

A aplicabilidade dessas categorias e a quantidade de pontos disponíveis podem variar conforme a tipologia e a versão do sistema LEED adotadas pelo empreendimento. Essas diferenças foram consideradas nas análises realizadas, especialmente na comparação das pontuações obtidas e das taxas de aproveitamento em cada categoria.

3.2.4 Benefícios da Certificação LEED

Os principais benefícios da certificação LEED correspondem às três dimensões do Tripé da Sustentabilidade, sendo normalmente classificados em benefícios econômicos, sociais e ambientais:

- **Econômicos:**
 - Diminuição dos custos operacionais
 - Diminuição dos riscos regulatórios;
 - Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento;
 - Aumento na velocidade de ocupação;
 - Aumento da retenção;
 - Modernização e menor obsolescência da edificação.
- **Sociais:**
 - Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes;
 - Inclusão social e aumento do senso de comunidade;
 - Capacitação profissional;
 - Conscientização de trabalhadores e usuários;
 - Aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em Hospitais); melhora no desempenho de alunos (em Escolas); aumento no ímpeto de compra de consumidores (em Comércio);
 - Incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais;
 - Aumento da satisfação e bem-estar dos usuários;
 - Estímulo a políticas públicas de fomento à Construção Sustentável.
- **Ambientais:**
 - Uso racional e redução da extração dos recursos naturais;
 - Redução do consumo de água e energia;
 - Implantação consciente e ordenada;

- Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas;
- Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental;
- Redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

3.2.5 Níveis de Certificação LEED

A certificação LEED utiliza um sistema de pontuação para classificar os empreendimentos de acordo com o desempenho obtido nos critérios de sustentabilidade avaliados. Após a verificação e revisão do projeto pelo Green Business Certification Inc. (GBCI), a pontuação alcançada determina o nível de certificação obtido pelo empreendimento.

Conforme apresentado na Figura 4, o sistema LEED é composto por quatro níveis de certificação: Certified, Silver, Gold e Platinum, que representam diferentes graus de desempenho ambiental e sustentabilidade dos empreendimentos certificados.

Figura 4 – Níveis de certificação LEED



Fonte: USGBC (2024).

Observa-se que níveis mais elevados de certificação estão associados a maiores pontuações obtidas pelo empreendimento nos critérios avaliados pelo sistema. Para a presente pesquisa, foram considerados os empreendimentos classificados nos níveis Silver, Gold e Platinum, utilizados como base para as análises desenvolvidas por meio da plataforma *Power BI*.

3.3 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E INTELIGENTES

Segundo Zhang (2023), o conceito de *green building*, ou construção ecológica, está associado à redução do consumo de energia e dos impactos ambientais das edificações. Essas construções são projetadas, executadas, operadas e mantidas de modo a utilizar os recursos de forma mais eficiente, reduzir a geração de resíduos e favorecer a qualidade do ambiente interno e o bem-estar dos ocupantes (SEIF; HARATIAN, 2023; ZHANG, 2023).

Apesar dos benefícios ambientais e operacionais, a adoção de construções sustentáveis pode envolver custos adicionais de concepção, execução, pesquisa de soluções e certificação. Em contrapartida, esses empreendimentos podem apresentar valorização imobiliária, economia de água e energia, ganhos de produtividade e oportunidades de mercado associadas ao desempenho sustentável (KHOSHBAKHT *et al.*, 2017 *apud* CARAIMAN; DAN; PESCARI, 2023).

Os *Smart Buildings*, ou edifícios inteligentes, utilizam sistemas integrados e automatizados para gerenciar instalações como climatização, iluminação, energia e segurança. Recursos relacionados à Internet das Coisas, à Inteligência Artificial e ao aprendizado de máquina podem contribuir para o acompanhamento do desempenho e para a otimização das operações das edificações (ZAKARI *et al.*, 2014 *apud* RODRÍGUEZ-GRACIA *et al.*, 2023; MOLAJOU *et al.*, 2021 *apud* MAJDI *et al.*, 2022).

A aproximação entre construções sustentáveis e edifícios inteligentes deu origem ao conceito de *Green Smart Buildings*, no qual sustentabilidade, tecnologia e gestão são integradas para ampliar a eficiência, o controle e o conforto dos usuários. Esses conceitos mantêm relação com os princípios avaliados por certificações ambientais como o LEED, ao considerarem o desempenho das edificações e o uso eficiente de recursos (PRAMANIK *et al.*, 2021; HADJIDEMETRIOU *et al.*, 2023).

3.3.1 BIM e *Green BIM*

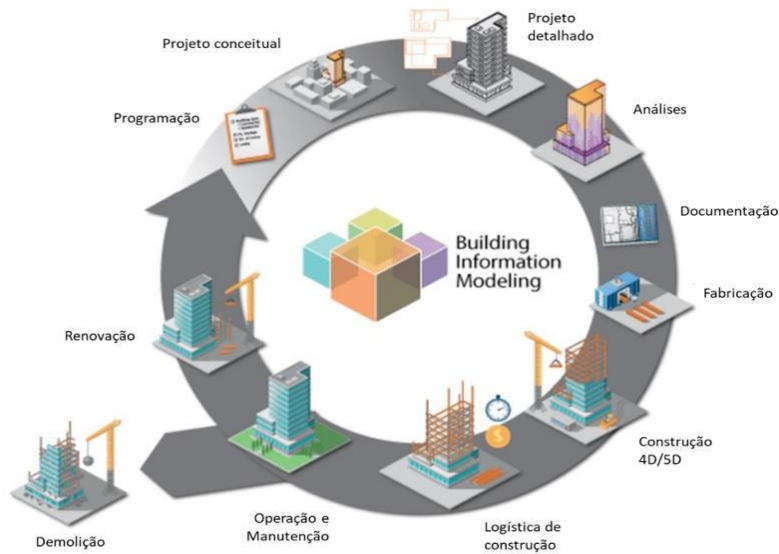
A Modelagem da Informação da Construção, ou *Building Information Modeling* (BIM), reúne políticas, processos e tecnologias voltados à produção e à gestão digital das informações de uma edificação ao longo de seu ciclo de vida (PENTTILÄ, 2006 *apud* WONG; ZHOU, 2015). Essa abordagem permite que diferentes agentes utilizem uma representação compartilhada das características físicas e funcionais do empreendimento como suporte ao projeto, à construção e à operação (*Building SMART Alliance*, 2015 *apud* CAO; KAMARUZZAMAN; AZIZ, 2022).

Nos modelos BIM, os componentes da edificação podem incorporar parâmetros relacionados à forma, à posição, aos materiais e às especificações, possibilitando sua utilização em estimativas, simulações e outras aplicações. A troca dessas informações entre diferentes sistemas está associada à interoperabilidade, que permite o processamento integrado dos dados

ao longo das etapas do empreendimento (AYRES FILHO, 2009; EASTMAN *et al.*, 2011; HONDA, 2016).

A Figura 5 apresenta, de forma sintética, a aplicação do BIM ao longo do ciclo de vida de um empreendimento, desde as etapas iniciais de concepção até a operação, a manutenção, a renovação e a demolição.

Figura 5 – Ciclo de vida de um empreendimento em modelo paramétrico do BIM



Fonte: Mota (2021).

As informações incorporadas ao BIM podem ser organizadas em diferentes dimensões, relacionadas à modelagem, ao planejamento, aos custos, à sustentabilidade, à operação e a outros aspectos do processo construtivo, conforme apresentado na Figura 6 (EASTMAN *et al.*, 2011; DARÓS, 2019).

Figura 6 – Dimensões da metodologia BIM



Fonte: Darós (2019).

Entre essas dimensões, destaca-se a 6D, associada à sustentabilidade e à avaliação de aspectos como eficiência energética, iluminação, ventilação natural, acústica e comportamento térmico dos materiais. Essa dimensão aproxima a modelagem das análises ambientais e fundamenta o conceito de *Green BIM* (CZMOCH; PEKALA, 2014; BOTARO; MEDINA, 2023; MOTA, 2021).

Segundo Wong e Zhou (2015), o *Green BIM* utiliza modelos digitais para gerar e gerenciar informações coordenadas ao longo do ciclo de vida da edificação, contribuindo para o desempenho energético e para o atendimento aos objetivos de sustentabilidade.

A integração entre BIM e critérios ambientais pode apoiar a avaliação de soluções, a produção de documentos e o atendimento de requisitos relacionados a certificações como o LEED. Essa articulação favorece práticas colaborativas e amplia a capacidade de acompanhar informações relevantes ao desempenho sustentável dos empreendimentos (DI GAETANO; CASCONI; CAPONETTO, 2023).

Apesar dessas possibilidades, a integração entre BIM e sistemas de avaliação ambiental ainda apresenta desafios relacionados à qualidade das informações, ao tempo necessário para determinadas análises e à familiaridade das equipes com os procedimentos adotados. Nesse contexto, ferramentas de análise de dados podem complementar o monitoramento e a avaliação das informações associadas à sustentabilidade na construção civil (DI GAETANO; CASCONI; CAPONETTO, 2023).

3.4 BUSINESS INTELLIGENCE E POWER BI

O crescimento do volume de dados gerados por organizações, sistemas e processos aumentou a necessidade de recursos capazes de coletar, organizar e relacionar informações provenientes de diferentes fontes. Nesse contexto, o *Business Intelligence* (BI) possibilita estruturar os dados e apresentá-los de maneira adequada ao acompanhamento de indicadores, à identificação de padrões e à realização de análises.

Na construção civil e nas certificações ambientais, essa aplicação torna-se relevante devido à diversidade de informações associadas aos empreendimentos, como localização, área certificada, tipologia, sistema adotado, nível de certificação e desempenho nos critérios avaliados. A integração desses dados permite ampliar as possibilidades de consulta e comparação, especialmente quando se utiliza uma ferramenta capaz de combinar tratamento, modelagem e visualização em um mesmo ambiente.

Entre as soluções disponíveis, destaca-se o Microsoft Power BI, utilizado para desenvolver relatórios e painéis interativos a partir de bases estruturadas. Seus recursos permitem relacionar diferentes conjuntos de dados e explorá-los por meio de indicadores, filtros, mapas, gráficos e tabelas.

3.4.1 Business Intelligence

Segundo Turban, Sharda e Delen (2011), *Business Intelligence* é um termo abrangente que reúne arquiteturas, ferramentas, bancos de dados, aplicações e metodologias destinadas à coleta, integração, análise e apresentação de informações, com o objetivo de apoiar o processo de tomada de decisão. O BI não se limita à apresentação visual dos dados, pois envolve também sua organização e estruturação para que possam ser interpretados de forma integrada.

Para Negash (2004), os sistemas de *Business Intelligence* possibilitam coletar, armazenar e analisar dados provenientes de diferentes fontes, convertendo-os em informações relevantes. Essa capacidade permite acompanhar indicadores, comparar resultados e reconhecer relações que poderiam não ser percebidas pela observação isolada dos registros.

A aplicação do BI pode compreender etapas sucessivas, desde a obtenção e o tratamento dos dados até sua modelagem e apresentação em relatórios. A integração dessas etapas favorece a consistência das informações e permite que uma mesma base seja explorada sob diferentes perspectivas, conforme os critérios e os recortes definidos pelo usuário.

Dessa forma, o *Business Intelligence* apresenta-se como um recurso adequado para contextos que envolvem grandes volumes de dados e múltiplas variáveis de análise. Sua utilização permite reunir informações quantitativas e descritivas em estruturas voltadas ao monitoramento, à comparação e à geração de conhecimento a partir dos dados disponíveis.

3.4.2 Microsoft Power BI

O *Microsoft Power BI* é uma ferramenta de *Business Intelligence* destinada à conexão, ao tratamento, à modelagem, à análise e à visualização de dados provenientes de diferentes fontes. De acordo com a *Microsoft* (2025), seus recursos permitem transformar conjuntos de dados em relatórios e painéis interativos, facilitando o acompanhamento de indicadores e a exploração das informações.

A ferramenta possibilita estabelecer relacionamentos entre tabelas e desenvolver medidas analíticas para representar cálculos e indicadores de acordo com o contexto dos dados.

Essa estrutura permite combinar informações de diferentes bases e produzir visualizações que respondem aos filtros e às segmentações aplicados pelo usuário.

Entre os recursos disponíveis destacam-se os indicadores numéricos, mapas, gráficos, matrizes, tabelas e filtros dinâmicos. A interação entre esses elementos permite que a seleção de um período, local, tipologia ou grupo específico seja refletida nos demais componentes do painel, proporcionando consultas em diferentes níveis de detalhamento.

Além da apresentação gráfica, o *Power BI* permite organizar os relatórios em páginas temáticas, de acordo com os objetivos de cada análise. Essa característica favorece a navegação entre informações gerais, comparações entre grupos e consultas individualizadas, mantendo os dados vinculados a uma mesma estrutura analítica.

3.4.3 Aplicação do *Power BI* na análise de dados

A aplicação do *Power BI* mostra-se adequada em estudos que exigem a consolidação de registros numerosos e a comparação entre diferentes variáveis. Ao relacionar informações em uma mesma estrutura, a ferramenta permite que os dados sejam examinados por meio de recortes geográficos, temporais e técnicos, sem a necessidade de criar uma base independente para cada consulta.

No caso das certificações LEED, os empreendimentos apresentam informações relacionadas à localização, à área certificada, à tipologia, ao sistema utilizado, ao nível alcançado e às pontuações obtidas. A organização desses atributos em um ambiente interativo permite consultar a composição da base, comparar grupos de projetos e detalhar o desempenho de empreendimentos específicos.

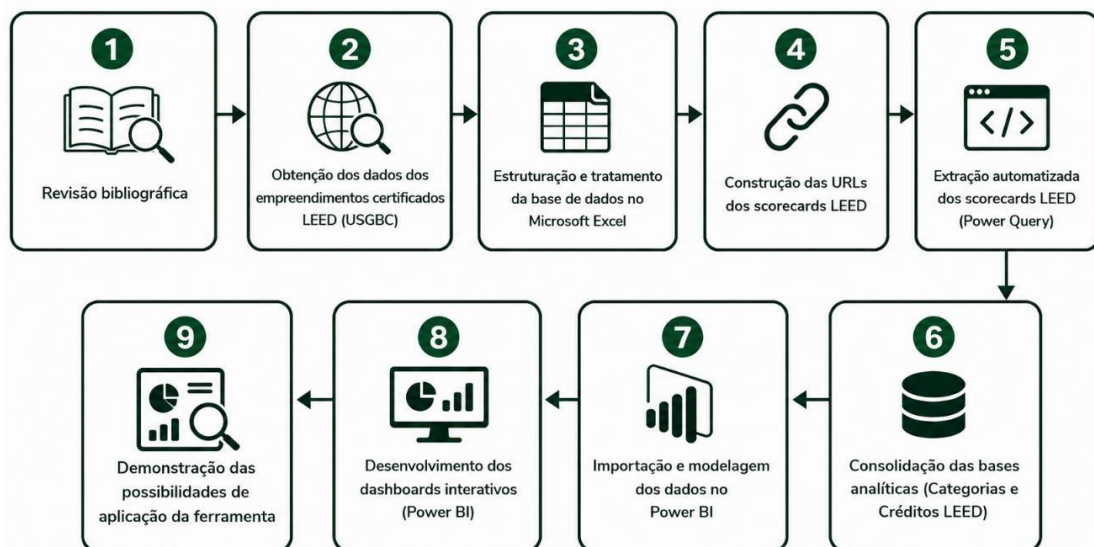
Os filtros e indicadores também possibilitam alterar o contexto das visualizações e observar como os resultados se comportam diante de diferentes seleções. Assim, uma mesma base pode ser utilizada para análises gerais, comparativas e individualizadas, mantendo a conexão entre os dados e os critérios selecionados.

Nesse contexto, o *Microsoft Power BI* oferece os recursos necessários ao desenvolvimento de uma ferramenta capaz de apoiar o monitoramento dos empreendimentos certificados pelo LEED no Brasil. Sua utilização permite organizar e explorar os dados públicos disponíveis, demonstrando a aplicabilidade do *Business Intelligence* na análise de informações relacionadas à construção sustentável.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho de graduação foi dividida em etapas estruturadas, contemplando a revisão bibliográfica, a obtenção dos dados dos empreendimentos certificados pelo LEED no Brasil, a estruturação e o tratamento inicial da base no *Microsoft Excel*, a construção das URLs de acesso aos *scorecards*, a extração automatizada das pontuações por meio do *Power Query*, a consolidação das bases analíticas, a importação e a modelagem dos dados no *Microsoft Power BI*, o desenvolvimento dos dashboards interativos e, por fim, a demonstração das possibilidades de aplicação da ferramenta. A Figura 7 apresenta o fluxograma da metodologia adotada neste trabalho, detalhada a seguir.

Figura 7 – Fluxograma das etapas desenvolvidas para a construção e demonstração da ferramenta analítica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 ETAPAS DA PESQUISA

4.1.1 Revisão Bibliográfica

Para fundamentar o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica por meio da consulta a artigos científicos, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e demais publicações relacionadas ao tema. As buscas foram realizadas nas

plataformas Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO).

Foram utilizadas palavras-chave como LEED, construções sustentáveis, certificações ambientais e sustentabilidade. As publicações consultadas permitiram compreender os fundamentos da sustentabilidade na construção civil, o papel das certificações ambientais e os conceitos, tipologias, categorias, níveis e benefícios relacionados à certificação LEED.

Também foram pesquisados conceitos relacionados ao *Business Intelligence* e ao *Microsoft Power BI*, com a finalidade de compreender a aplicação dessas tecnologias na organização, integração, análise e visualização de dados. Os temas *Green BIM* e *Smart Building* foram abordados como parte da contextualização sobre a relação entre sustentabilidade, tecnologia e gestão das informações no ambiente construído.

Essa etapa forneceu o embasamento teórico apresentado no capítulo de revisão bibliográfica e sustentou a escolha do sistema LEED como objeto de estudo e do *Microsoft Power BI* como ferramenta para organização e exploração dos dados utilizados na pesquisa.

4.1.2 Coleta dos Dados

A obtenção dos dados foi realizada a partir do *LEED Project Directory*, base pública de empreendimentos certificados disponibilizada pelo *United States Green Building Council* (USGBC, 2026). A consulta considerou o período compreendido entre agosto de 2007, data do primeiro empreendimento certificado LEED no Brasil presente no recorte analisado, e maio de 2026, correspondente à última atualização da base de dados.

Na plataforma, foram aplicados filtros para selecionar os empreendimentos localizados no Brasil, pertencentes às tipologias *Building Design and Construction* (BD+C), *Interior Design and Construction* (ID+C) e *Operations and Maintenance* (O+M), classificados nos níveis Silver, Gold e Platinum. Esses critérios delimitaram o conjunto de empreendimentos considerado nas etapas posteriores da pesquisa.

Após a aplicação dos filtros, os resultados da consulta foram exportados diretamente do diretório do USGBC em um arquivo no formato XLS. O arquivo foi aberto no *Microsoft Excel* e utilizado como base inicial para o tratamento dos dados. As informações exportadas incluíam a identificação do empreendimento, sua localização, data de certificação, tipologia, sistema

LEED adotado, nível de certificação, pontuação total, área certificada e demais dados gerais disponibilizados para os projetos.

A base exportada reuniu inicialmente 936 registros. As pontuações detalhadas das categorias e dos créditos da certificação não estavam consolidadas nesse arquivo, pois eram apresentadas nas páginas individuais dos empreendimentos. Por esse motivo, essas informações foram obtidas posteriormente, após a estruturação e o tratamento inicial da base no *Microsoft Excel*.

4.1.3 Estruturação e Tratamento da Base de Dados no *Microsoft Excel*

Após a exportação do arquivo no formato XLS, os dados foram abertos no *Microsoft Excel* para a realização das etapas iniciais de conferência, correção e padronização. Foram verificadas as informações utilizadas na pesquisa, incluindo a identificação e a localização dos empreendimentos, a tipologia, o sistema LEED adotado, o nível de certificação, a data de certificação, a pontuação total, a área certificada e os demais campos disponibilizados na base exportada.

Durante essa verificação, foram identificados registros com informações ausentes, incompletas ou inconsistentes. Nesses casos, a página individual do empreendimento no LEED *Project Directory* foi consultada para confirmar os dados disponibilizados pelo USGBC. Quando as informações relacionadas à localização não puderam ser confirmadas diretamente no diretório, foram realizadas pesquisas complementares na internet para identificar corretamente o município, o estado ou o endereço do empreendimento.

As nomenclaturas e os formatos dos campos foram padronizados para manter a uniformidade das informações. As áreas certificadas também foram convertidas para metros quadrados quando apresentadas originalmente em outra unidade, adotando-se essa unidade como padrão para as análises.

Após a conferência, as correções necessárias foram inseridas na base de dados, resultando em uma base estruturada e revisada, utilizada como referência para a construção das URLs das páginas individuais dos empreendimentos.

4.1.4 Construção das URLs dos Scorecards LEED

Após a estruturação e a conferência da base de dados, o identificador e o nome de cada empreendimento foram selecionados e organizados em uma nova pasta de trabalho do *Microsoft Excel*. A partir dessas informações, foram construídas as URLs de acesso às páginas individuais dos projetos no *LEED Project Directory*. Nessas páginas, estavam disponíveis os *scorecards*, ou quadros de pontuação, contendo as informações detalhadas sobre o desempenho dos empreendimentos nas categorias e nos créditos avaliados pela certificação LEED.

Inicialmente, foi analisado o padrão de formação dos endereços eletrônicos utilizados pelo diretório do USGBC. Verificou-se que as URLs das páginas individuais estavam associadas ao nome e ao identificador de cada empreendimento. Com base nesse padrão, foi estruturada no *Microsoft Excel* uma fórmula para gerar automaticamente o endereço correspondente a cada projeto.

Para validar o procedimento, os endereços gerados foram testados em alguns empreendimentos, confirmando que direcionavam corretamente às respectivas páginas individuais. Após essa validação, as URLs foram geradas para os demais projetos e utilizadas como entrada para a extração automatizada das informações no *Power Query*.

4.1.5 Extração Automatizada dos Dados dos Scorecards LEED no Power Query

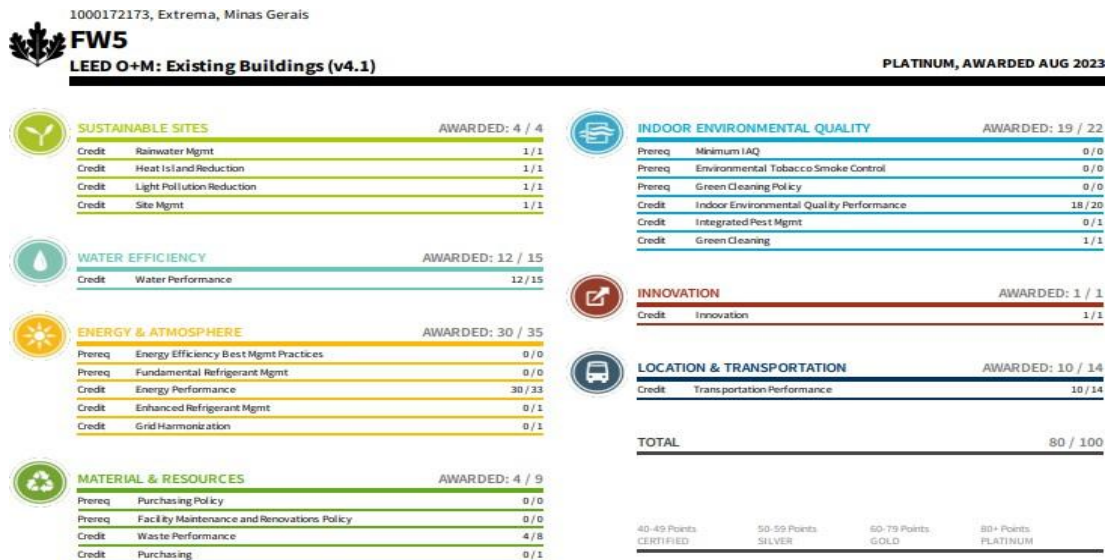
Com as URLs geradas na etapa anterior, foi utilizado o *Power Query* para acessar automaticamente as páginas individuais dos empreendimentos no *LEED Project Directory* e extrair as informações disponíveis nos *scorecards*.

A ferramenta percorreu os endereços correspondentes aos projetos e coletou os dados referentes às categorias e aos créditos avaliados pela certificação LEED. Como resultado, foram geradas duas novas abas na mesma pasta de trabalho do *Microsoft Excel*: uma contendo as categorias e suas respectivas pontuações obtidas e possíveis, e outra contendo os créditos avaliados, também acompanhados das pontuações obtidas e possíveis.

Em ambas as abas, os dados permaneceram associados ao identificador do respectivo projeto, possibilitando sua posterior relação com as informações gerais dos empreendimentos. A utilização do *Power Query* permitiu aplicar o mesmo procedimento a toda a base, evitando a

coleta manual das pontuações nas páginas individuais. A Figura 8 apresenta um exemplo de *scorecard* disponibilizado nas páginas individuais dos empreendimentos.

Figura 8 – Exemplo de *scorecard* com as pontuações das categorias e dos créditos da certificação LEED.



Fonte: United States Green Building Council (2026).

4.1.6 Consolidação dos Dados

Após a extração automatizada, as informações obtidas nos *scorecards* foram revisadas, organizadas e consolidadas em duas bases analíticas: uma referente às categorias e outra aos créditos avaliados. Os registros foram mantidos associados aos respectivos empreendimentos, possibilitando sua posterior integração com as informações gerais dos projetos.

Na base de categorias, foram organizados o nome de cada categoria, a pontuação obtida e os pontos possíveis. De forma semelhante, a base de créditos reuniu os créditos avaliados e suas respectivas pontuações obtidas e possíveis. As nomenclaturas e os formatos dos campos foram padronizados para manter a uniformidade das informações e possibilitar sua utilização nas análises posteriores.

Durante a consolidação, foram excluídos os registros duplicados e os empreendimentos cujas pontuações detalhadas não estavam disponíveis publicamente. Após a aplicação desses critérios, o conjunto final considerado na pesquisa foi composto por 831 empreendimentos certificados.

Para as análises, a taxa média de aproveitamento foi calculada pela divisão da pontuação média obtida pela média dos pontos possíveis, com o resultado expresso em percentual. As bases consolidadas foram posteriormente utilizadas na importação e na modelagem dos dados no *Microsoft Power BI*.

4.1.7 Importação e Modelagem dos Dados no Microsoft Power BI

Após a consolidação, a base geral dos empreendimentos e as bases analíticas de categorias e créditos foram importadas para o *Microsoft Power BI*. As informações foram organizadas no modelo de dados e relacionadas por meio do identificador comum de cada projeto, permitindo integrar as características gerais dos empreendimentos às respectivas pontuações das categorias e dos créditos LEED.

Em seguida, foram criadas medidas analíticas para calcular os principais indicadores utilizados na ferramenta, como quantidade de empreendimentos, área certificada, pontuação média, pontuações médias obtidas e possíveis e taxas de aproveitamento. Também foram estruturados os campos destinados aos filtros e às comparações entre diferentes grupos de projetos.

Essa modelagem permitiu que as informações das diferentes bases respondessem de forma integrada às seleções realizadas pelo usuário, constituindo a estrutura necessária para o desenvolvimento dos painéis interativos no *Microsoft Power BI*.

4.1.8 Desenvolvimento dos *Dashboards* Interativos

Com o modelo de dados estruturado, foram desenvolvidos seis *dashboards* interativos no *Microsoft Power BI*: Visão Geral, Perfil das Certificações, Desempenho das Categorias, Análise de Créditos, Comparativos e Detalhamento dos Projetos.

Os painéis foram organizados de acordo com o nível de detalhamento das análises. Para isso, foram utilizados indicadores numéricos, mapas, gráficos, tabelas e filtros relacionados ao ano de certificação, estado, cidade, tipologia, sistema LEED, nível de certificação e faixa de área certificada. Esses recursos permitiram explorar diferentes recortes da base e visualizar as alterações nos resultados conforme as seleções realizadas.

O painel Visão Geral foi destinado à apresentação dos principais indicadores e da distribuição geográfica e temporal dos empreendimentos. Os demais painéis foram desenvolvidos para aprofundar a análise do perfil das certificações, do desempenho das categorias e dos créditos, das comparações entre grupos de projetos e do detalhamento individual dos empreendimentos. Dessa forma, os *dashboards* possibilitaram a consulta das informações em níveis gerais, comparativos e individualizados.

4.1.9 Demonstração das Possibilidades de Aplicação da Ferramenta

Após o desenvolvimento dos *dashboards*, as possibilidades de aplicação da ferramenta foram demonstradas por meio da análise dos indicadores e das visualizações produzidas a partir da base de dados consolidada. As demonstrações foram organizadas em análises gerais, comparativas e individualizadas dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED.

Inicialmente, foram examinadas a distribuição geográfica e temporal dos empreendimentos e a composição da base segundo as tipologias e os níveis de certificação. Em seguida, foram analisados o desempenho das categorias e dos créditos LEED, considerando as pontuações obtidas, os pontos possíveis e as respectivas taxas de aproveitamento. Também foram realizadas comparações entre os níveis de certificação e entre as faixas de área certificada, demonstrando as diferentes possibilidades de exploração dos dados oferecidas pela ferramenta.

Para demonstrar a consulta individualizada dos empreendimentos, foram selecionados três projetos da tipologia BD+C, certificados no estado de São Paulo em 2025 e pertencentes à mesma faixa de área certificada, entre 10 mil e 20 mil m². Os empreendimentos selecionados pertenciam aos níveis Silver, Gold e Platinum, permitindo examinar como suas pontuações se distribuíam entre as categorias da certificação dentro do recorte estabelecido.

Os exemplos das possibilidades de aplicação da ferramenta e a discussão dos resultados obtidos são apresentados no capítulo seguinte, Resultados e Discussão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

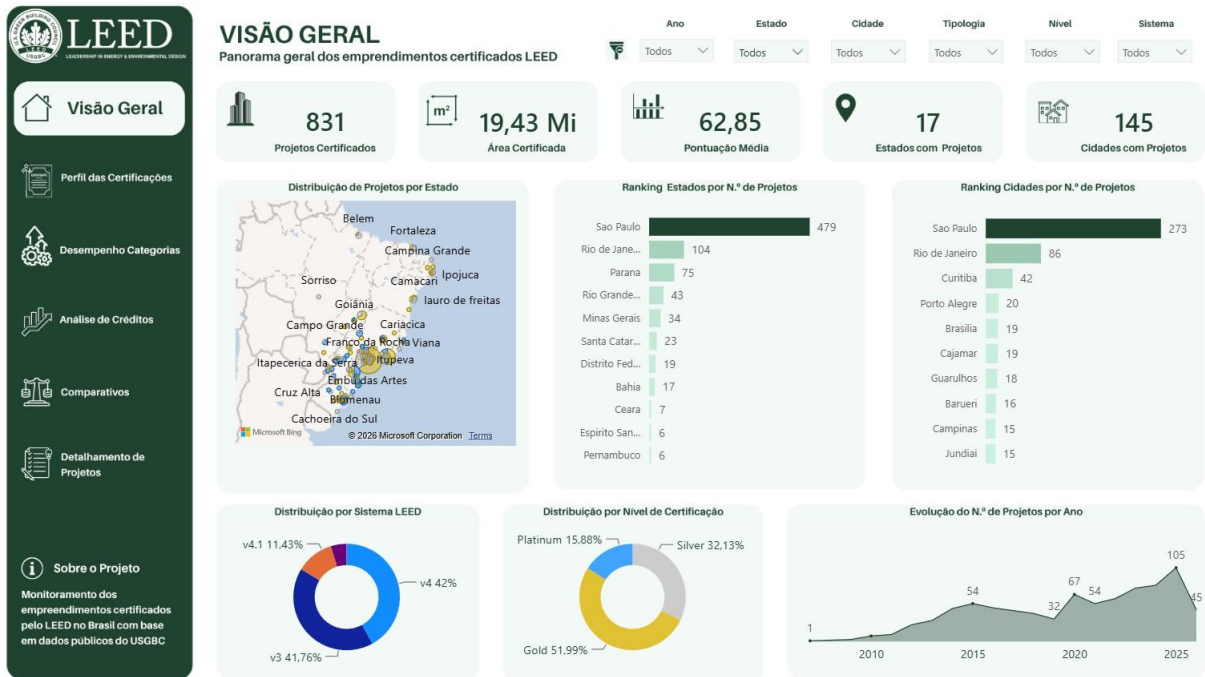
5.1 FERRAMENTA ANALÍTICA DESENVOLVIDA

Como resultado da metodologia adotada neste trabalho, foi desenvolvida, no *Microsoft Power BI*, uma ferramenta analítica destinada ao monitoramento e à exploração dos dados dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED considerados na pesquisa. Sua construção utilizou os dados públicos disponibilizados pelo *United States Green Building Council* (USGBC), previamente tratados e estruturados no *Microsoft Excel* e no *Power Query*.

A ferramenta permite explorar os dados por meio de filtros relacionados ao ano de certificação, ao estado, à cidade, à tipologia do empreendimento, ao sistema LEED, ao nível de certificação e às faixas de área certificada. A partir dessas segmentações, o usuário pode consultar a distribuição dos projetos, comparar o desempenho das categorias e dos créditos e examinar diferentes grupos de empreendimentos.

A estrutura foi organizada em painéis temáticos que abrangem a distribuição geográfica e temporal dos empreendimentos, o perfil das certificações, o desempenho das categorias e dos créditos LEED, as comparações entre grupos e o detalhamento individual dos projetos. A Figura 9 apresenta a interface principal da ferramenta analítica desenvolvida.

Figura 9 – Interface principal da ferramenta analítica desenvolvida no *Microsoft Power BI*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As seções seguintes demonstram as possibilidades de aplicação da ferramenta por meio de consultas gerais, comparativas e individualizadas realizadas sobre a base de dados analisada.

5.2 PANORAMA DOS EMPREENDIMENTOS DA BASE ANALISADA

A consolidação da base de dados permitiu examinar a distribuição espacial dos 831 empreendimentos contemplados pelos critérios da pesquisa, bem como a evolução temporal das certificações. A Figura 10 apresenta a distribuição geográfica dos empreendimentos da base analisada. Os registros estão presentes em diferentes regiões do país, com predominância nas regiões Sudeste e Sul e maior concentração em determinadas unidades da federação.

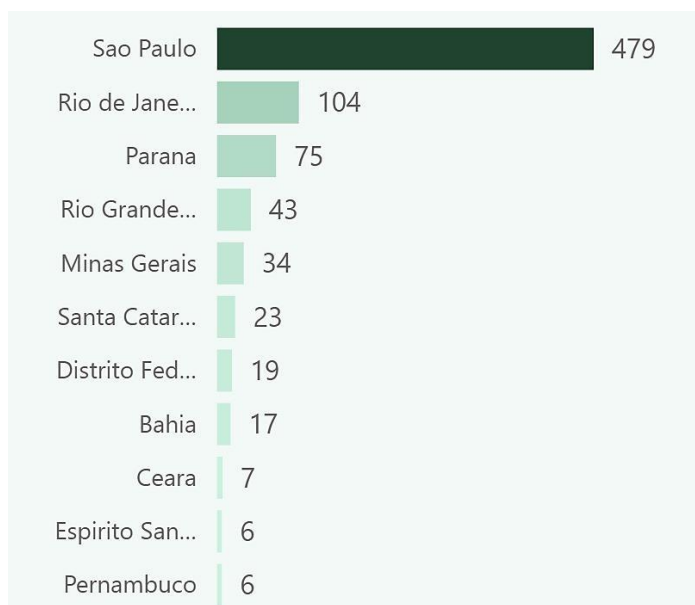
Figura 10 – Distribuição geográfica dos empreendimentos da base analisada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A distribuição observada no mapa é detalhada na Figura 11, que apresenta o quantitativo de empreendimentos por unidade da federação. O estado de São Paulo reúne o maior número de registros, seguido por Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

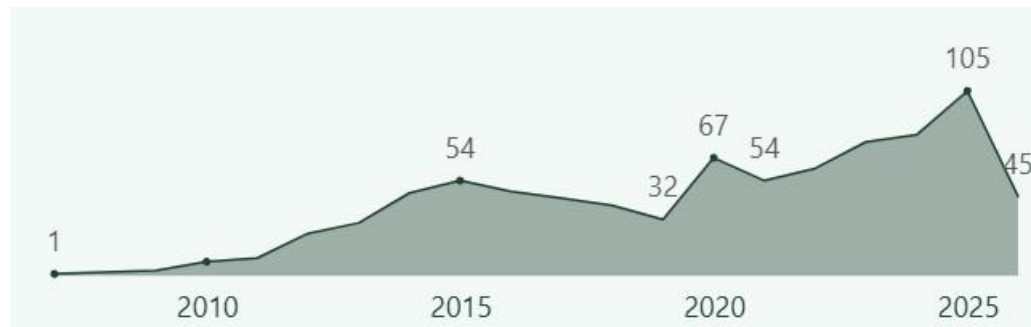
Figura 11 – Número de empreendimentos da base analisada por unidade da federação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sob a perspectiva temporal, a Figura 12 apresenta a evolução anual dos empreendimentos no período considerado. A série mostra aumento do número de certificações ao longo do período representado, acompanhado de oscilações anuais.

Figura 12 – Evolução anual dos empreendimentos da base analisada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

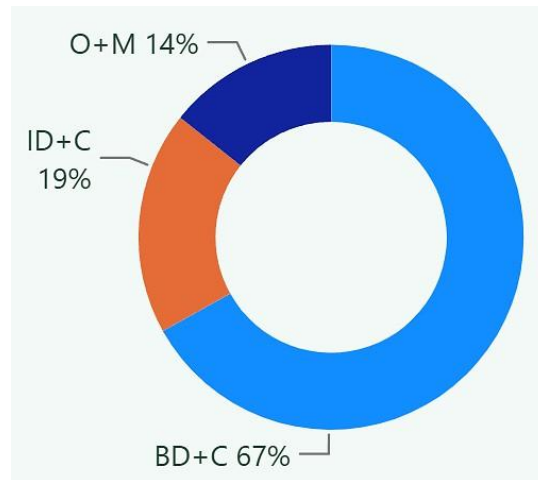
Em conjunto, as visualizações caracterizam a distribuição geográfica e temporal do recorte analisado e estabelecem o contexto para as demonstrações apresentadas nas seções seguintes.

5.3 PERFIL DAS CERTIFICAÇÕES LEED

Após a caracterização da distribuição espacial e temporal dos empreendimentos certificados, analisou-se o perfil das certificações presentes na base de dados, considerando as tipologias contempladas pelo sistema LEED, os níveis de certificação obtidos e as principais características dos empreendimentos avaliados. Essa análise permite compreender a composição da base utilizada na pesquisa e contextualizar as comparações realizadas nas seções seguintes.

A Figura 13 apresenta a distribuição dos empreendimentos certificados por tipologia LEED. Observa-se predominância da modalidade *Building Design and Construction* (BD+C), responsável por aproximadamente 67% dos empreendimentos analisados, seguida pelas tipologias *Interior Design and Construction* (ID+C), com 19%, e *Operations and Maintenance* (O+M), com 14%.

Figura 13 – Distribuição dos empreendimentos certificados por tipologia LEED.

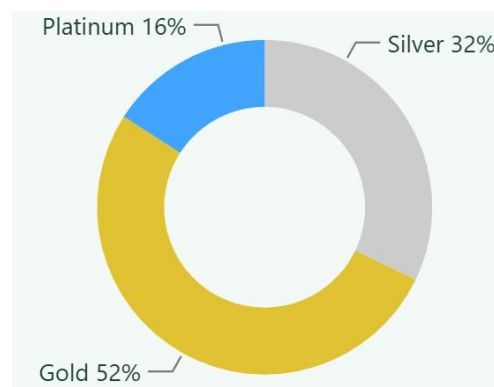


Fonte: Elaborado pelo autor.

A predominância da tipologia BD+C reflete o perfil da base de dados analisada, composta majoritariamente por empreendimentos destinados a novas construções e grandes reformas. As modalidades ID+C e O+M atendem a finalidades distintas dentro do sistema LEED, voltadas, respectivamente, à certificação de projetos de interiores e de edificações em operação. Dessa forma, a distribuição observada caracteriza a composição da base de dados, não devendo ser interpretada como uma comparação direta entre modalidades equivalentes.

A distribuição dos empreendimentos por nível de certificação é apresentada na Figura 14. Verifica-se predominância do nível Gold, responsável por aproximadamente 52% das certificações identificadas, seguido pelos níveis Silver (32%) e Platinum (16%).

Figura 14 – Distribuição dos empreendimentos certificados por nível de certificação LEED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A predominância do nível Gold caracteriza a distribuição da base analisada. A menor participação do nível Platinum indica menor frequência de empreendimentos enquadrados na faixa mais elevada de pontuação do sistema LEED.

A relação entre tipologia e nível de certificação é apresentada na Tabela 1. Observa-se que o nível Gold é predominante nas três tipologias analisadas, enquanto a modalidade BD+C concentra o maior número absoluto de certificações em todos os níveis.

Tabela 1 – Distribuição dos níveis de certificação por tipologia LEED.

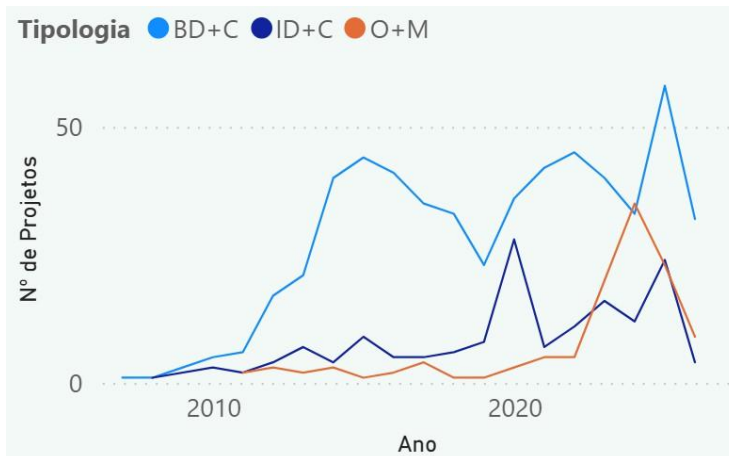
▲	Tipologia	Silver	Gold	Platinum	Total
	BD+C	187	274	95	556
	ID+C	62	76	18	156
	O+M	18	82	19	119
	Total	267	432	132	831

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse resultado demonstra que a predominância da certificação Gold não está restrita a uma única tipologia, mas representa uma característica geral da base de dados analisada. Da mesma forma, o maior número absoluto de certificações BD+C acompanha a maior representatividade dessa modalidade entre os empreendimentos avaliados.

A evolução temporal das certificações por tipologia é apresentada na Figura 15. A série mostra aumento do número de empreendimentos ao longo dos anos representados, com oscilações entre os períodos e predominância da tipologia BD+C. As modalidades ID+C e O+M apresentam participação proporcionalmente inferior, em conformidade com a composição geral da base de dados.

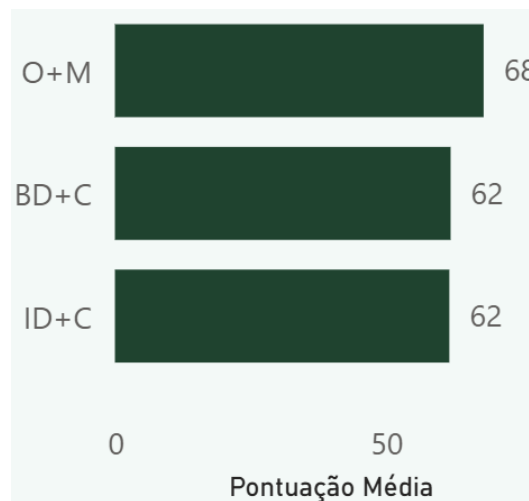
Figura 15 – Evolução anual dos empreendimentos certificados por tipologia LEED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

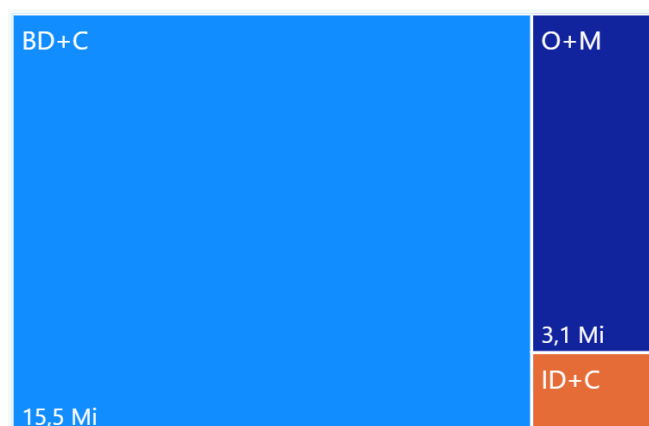
Além da distribuição das certificações, foram analisadas características gerais dos empreendimentos presentes na base de dados. A Figura 16 apresenta a pontuação média obtida por tipologia, enquanto a Figura 17 apresenta a distribuição da área certificada.

Figura 16 – Pontuação média dos empreendimentos por tipologia LEED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Distribuição da área certificada por tipologia LEED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que os empreendimentos classificados como O+M apresentam pontuação média superior às demais tipologias, enquanto os empreendimentos BD+C concentram a maior área certificada da base analisada. Entretanto, essas diferenças devem ser interpretadas considerando as particularidades de cada modalidade da certificação, uma vez que elas possuem objetivos, critérios de avaliação e campos de aplicação distintos. Assim, os resultados apresentados caracterizam o perfil dos empreendimentos analisados, sem estabelecer relações de superioridade entre as diferentes tipologias do sistema LEED.

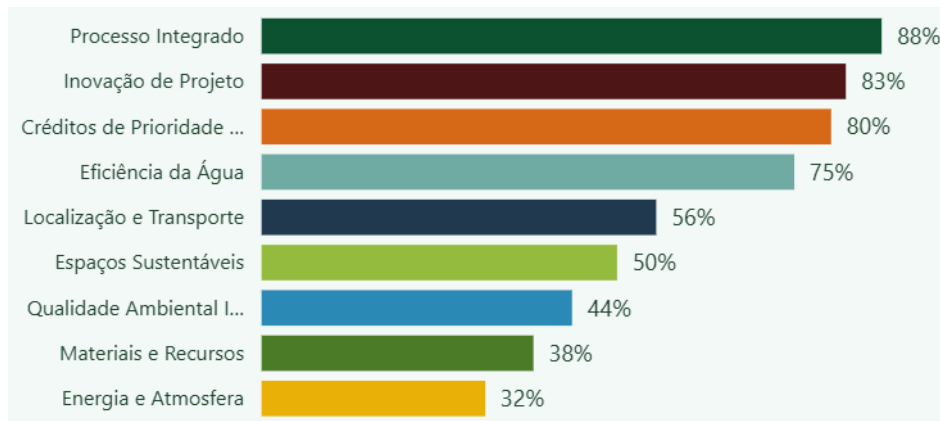
Em conjunto, as análises mostram que a base de dados é composta predominantemente por empreendimentos da tipologia BD+C e do nível Gold. Essas informações caracterizam o perfil do recorte analisado e fornecem o contexto para as comparações apresentadas nas seções seguintes, envolvendo área certificada, desempenho nas categorias do LEED e características dos empreendimentos.

5.4 DESEMPENHO DAS CATEGORIAS LEED

Após a caracterização do perfil dos empreendimentos certificados, utilizou-se a ferramenta para examinar o desempenho médio nas categorias avaliadas pelo sistema LEED. Nesta etapa, os dados foram considerados de forma agregada, sem a aplicação de filtros específicos, permitindo apresentar uma visão geral da base analisada.

A Figura 18 apresenta a taxa média de aproveitamento obtida em cada categoria. Os maiores percentuais foram registrados em Processo Integrado (88%), Inovação de Projeto (83%), Créditos de Prioridade Regional (80%) e Eficiência da Água (75%). Em contrapartida, Energia e Atmosfera (32%), Materiais e Recursos (38%) e Qualidade Ambiental Interna (44%) apresentaram os menores valores médios.

Figura 18 – Taxa média de aproveitamento por categoria da certificação LEED.

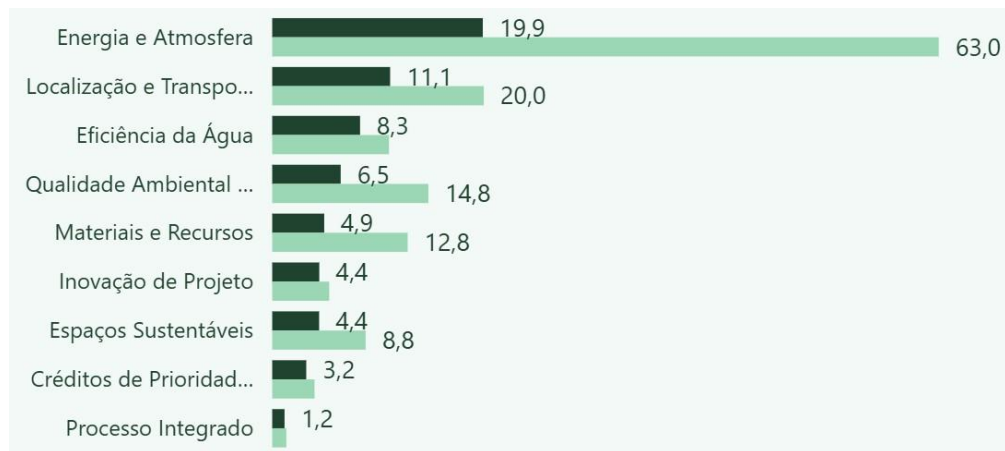


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais apresentados foram calculados conforme o procedimento descrito na metodologia. Sua leitura deve considerar que a quantidade de pontos disponíveis pode variar conforme o sistema e a versão do LEED adotados pelos empreendimentos.

A Figura 19 complementa essa análise ao apresentar, simultaneamente, a pontuação média obtida e a média dos pontos possíveis por categoria. Energia e Atmosfera concentrou a maior pontuação média absoluta, com aproximadamente 20 pontos obtidos em um universo médio de 63 pontos possíveis. Processo Integrado, por sua vez, apresentou menor quantidade absoluta de pontos, porém maior aproveitamento proporcional.

Figura 19 – Pontuação média obtida e média dos pontos possíveis por categoria da certificação LEED.

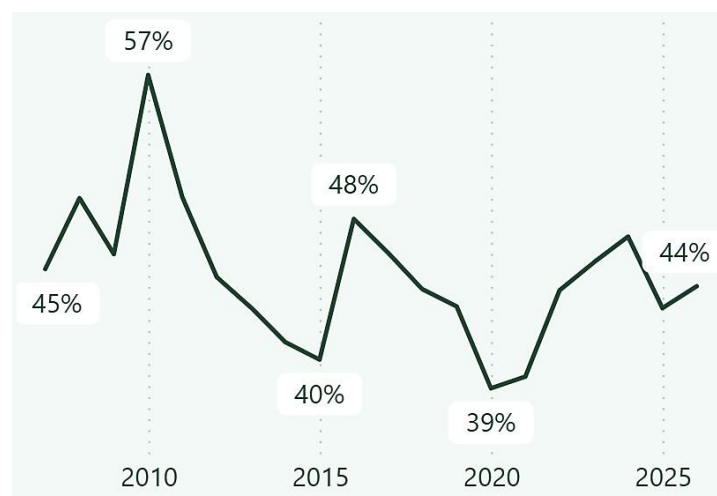


Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise conjunta das Figuras 18 e 19 demonstra que os valores absolutos e percentuais oferecem perspectivas distintas e complementares. A pontuação média obtida indica a quantidade de pontos alcançada pelos empreendimentos, enquanto a taxa de aproveitamento permite avaliar essa pontuação em relação aos pontos disponíveis em cada categoria.

A Figura 20 apresenta a evolução anual da taxa média de aproveitamento. Observam-se oscilações ao longo do período analisado, com valores entre aproximadamente 39% e 57% e encerramento da série próximo de 44%. Não foi identificada uma tendência contínua de crescimento ou redução.

Figura 20 – Evolução anual da taxa média de aproveitamento das categorias LEED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 2 reúne a pontuação média obtida, a média dos pontos possíveis e a taxa média de aproveitamento de todas as categorias, consolidando os resultados apresentados nas figuras anteriores.

Tabela 2 – Pontuação média obtida, média dos pontos possíveis e taxa média de aproveitamento por categoria da certificação LEED.

Categoria	Obt.	Poss.	%
Processo Integrado	1,2	1,3	88%
Inovação de Projeto	4,4	5,4	83%
Créditos de Prioridade Regional	3,2	4,0	80%
Eficiência da Água	8,3	11,0	75%
Localização e Transporte	11,1	20,0	56%
Espaços Sustentáveis	4,4	8,8	50%
Qualidade Ambiental Interna	6,5	14,8	44%
Materiais e Recursos	4,9	12,8	38%
Energia e Atmosfera	19,9	63,0	32%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: os valores das pontuações são apresentados de forma arredondada, enquanto os percentuais foram calculados com base nos valores completos.

Em conjunto, os resultados demonstram a possibilidade de utilizar a ferramenta para examinar o desempenho das categorias por meio de indicadores absolutos, relativos e temporais, oferecendo diferentes formas de exploração dos dados dos empreendimentos certificados.

5.5 ANÁLISE DOS CRÉDITOS LEED

As categorias da certificação LEED são compostas por diferentes créditos, relacionados aos critérios de sustentabilidade avaliados nos empreendimentos. Enquanto as análises apresentadas na seção anterior possibilitaram uma leitura agregada do desempenho por categoria, o painel Análise de Créditos permitiu aprofundar essa avaliação, identificando o comportamento individual dos créditos contemplados na base de dados.

Foram analisados 287 créditos diferentes. Desse conjunto, 14 créditos apresentaram taxa de aproveitamento de 100%, incluindo Uso de energia: medição e responsabilidade pelo pagamento, Redução do efeito de ilha de calor: áreas não cobertas, Conforto dos ocupantes: iluminação controlada pelos ocupantes, Limpeza verde: sistemas de entrada e Redução do uso de água: redução de 20%. Em contrapartida, 18 créditos registraram taxa de aproveitamento inferior a 10%, incluindo Controle de fontes químicas e de poluentes internos, Reuso de materiais, Controlabilidade dos sistemas: conforto térmico, Compras sustentáveis: reformas e ampliações da edificação e Revitalização de áreas contaminadas.

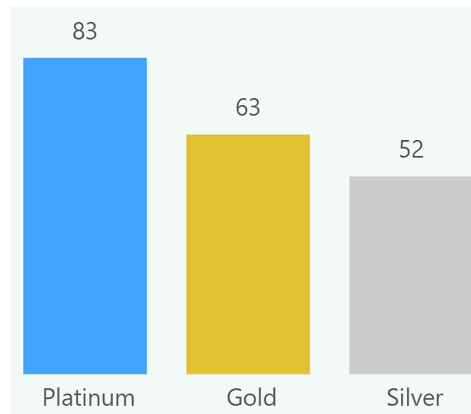
Esses resultados demonstram que o detalhamento por créditos complementa a análise das categorias, permitindo identificar quais critérios apresentaram maior ou menor aproveitamento entre os empreendimentos analisados. A interpretação dos valores deve considerar que a aplicabilidade e a pontuação disponível para cada crédito podem variar conforme a tipologia, o sistema e a versão da certificação LEED adotados pelos projetos.

5.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS EMPREENDIMENTOS

Após a caracterização geral da base, foram realizadas comparações entre grupos de empreendimentos para demonstrar as possibilidades de aplicação da ferramenta. Por meio dos filtros disponíveis, os dados podem ser examinados segundo o nível de certificação, a faixa de área certificada, a localização geográfica, a tipologia e os demais atributos presentes na base.

A Figura 21 apresenta a pontuação média dos empreendimentos classificados nos níveis Silver, Gold e Platinum. Observa-se aumento da pontuação média conforme o nível de certificação, passando de aproximadamente 52 pontos nos empreendimentos Silver para 63 pontos nos Gold e 83 pontos nos Platinum.

Figura 21 – Pontuação média dos empreendimentos por nível de certificação LEED.

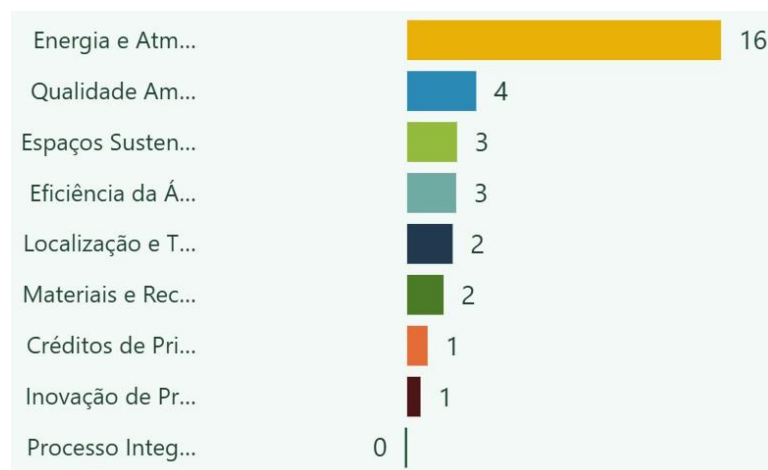


Fonte: Elaborado pelo autor.

A diferença entre os níveis de certificação não ocorre de maneira uniforme em todas as categorias. Para demonstrar essa possibilidade de comparação, a Figura 22 apresenta a diferença média de pontuação entre os empreendimentos Platinum e Silver.

A maior diferença foi identificada em Energia e Atmosfera, com aproximadamente 16 pontos adicionais nos empreendimentos Platinum. Diferenças menores foram observadas em Qualidade Ambiental Interna, Espaços Sustentáveis, Eficiência da Água, Localização e Transporte e Materiais e Recursos. Processo Integrado, Inovação de Projeto e Créditos de Prioridade Regional apresentaram variações mais reduzidas entre os dois níveis.

Figura 22 – Diferença média de pontuação entre empreendimentos Platinum e Silver por categoria da certificação LEED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 23 complementa essa comparação ao apresentar a taxa média de aproveitamento das categorias em cada nível de certificação. Os empreendimentos Platinum registraram percentuais superiores na maior parte das categorias, embora as diferenças tenham variado entre elas. Energia e Atmosfera apresentou a maior distância entre os níveis, enquanto Processo Integrado, Inovação de Projeto e Créditos de Prioridade Regional exibiram resultados mais próximos.

Figura 23 – Taxa média de aproveitamento das categorias por nível de certificação LEED.

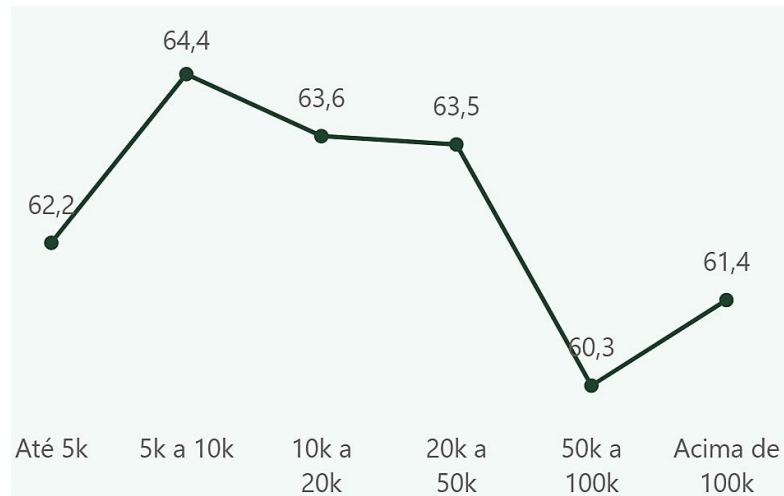


Fonte: Elaborado pelo autor.

Outra possibilidade de exploração consiste na comparação entre a área certificada e a pontuação média dos empreendimentos. A Figura 24 apresenta os resultados agrupados por faixas de área.

As faixas entre 5 mil e 10 mil m², 10 mil e 20 mil m² e 20 mil e 50 mil m² apresentaram pontuações médias próximas, variando entre aproximadamente 63 e 64 pontos. Os empreendimentos com área entre 50 mil e 100 mil m² registraram média inferior, enquanto aqueles com mais de 100 mil m² apresentaram pequena elevação em relação à faixa anterior. Dessa forma, não foi observada relação linear entre a área certificada e a pontuação obtida na base analisada.

Figura 24 – Pontuação média dos empreendimentos por faixa de área certificada.



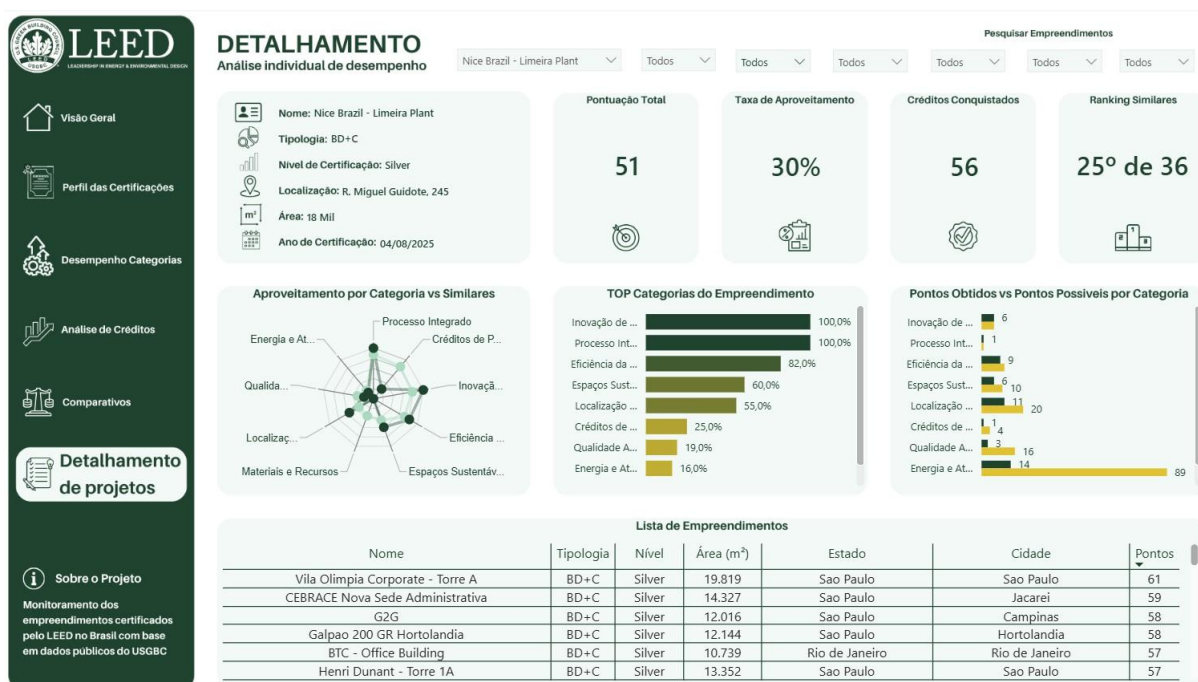
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.7 ESTUDOS DE CASO

Para demonstrar a aplicação da ferramenta em análises individualizadas, foram selecionados três empreendimentos pertencentes à tipologia *Building Design and Construction* (BD+C), certificados no estado de São Paulo em 2025 e enquadrados na mesma faixa de área certificada, entre 10 mil e 20 mil m². A seleção contemplou projetos nos níveis Silver, Gold e Platinum, permitindo comparações dentro do recorte estabelecido.

O primeiro estudo de caso corresponde ao empreendimento Nice Brazil – Limeira Plant, certificado no nível Silver e apresentado na Figura 25. O projeto obteve 51 pontos e taxa média de aproveitamento de 30%. Os maiores percentuais foram registrados em Inovação de Projeto e Processo Integrado, ambos com 100%, e em Eficiência da Água, com 82%. Energia e Atmosfera, com 16%, e Qualidade Ambiental Interna, com 19%, apresentaram os menores índices.

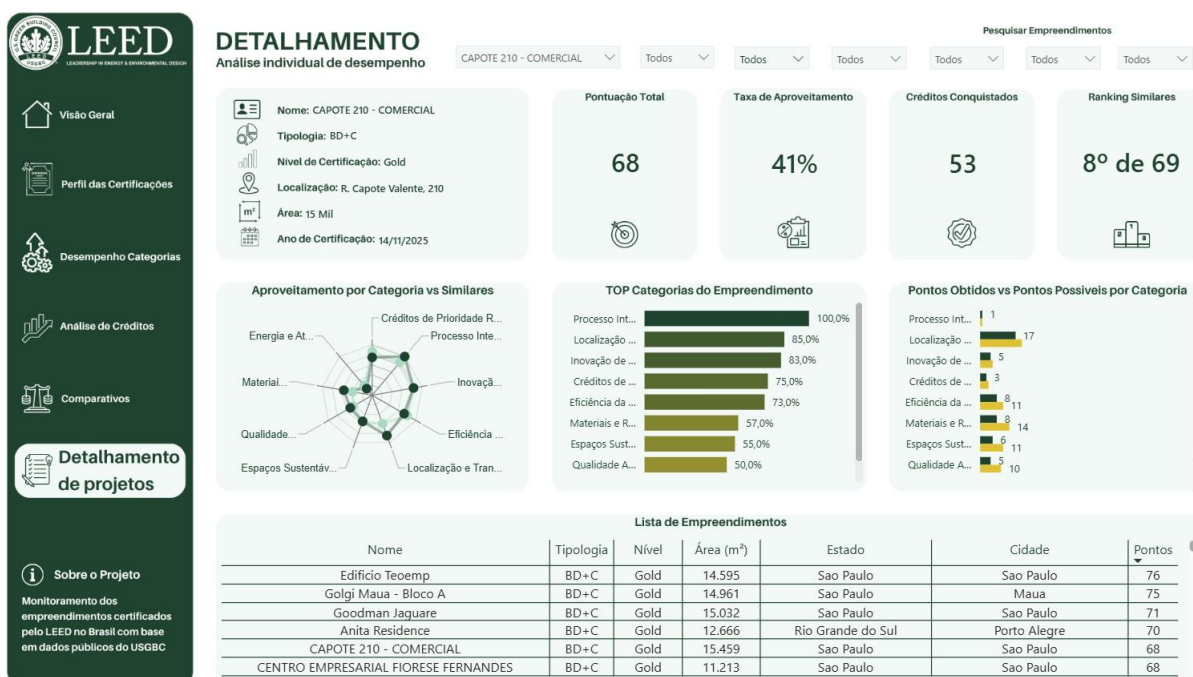
Figura 25 – Análise individual do empreendimento Nice Brazil – Limeira Plant, certificado no nível Silver.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 26 apresenta o empreendimento CAPOTE 210 – COMERCIAL, certificado no nível Gold. O projeto alcançou 68 pontos e taxa média de aproveitamento de 41%. Processo Integrado apresentou aproveitamento de 100%, seguido por Localização e Transporte, com 85%; Inovação de Projeto, com 83%; Créditos de Prioridade Regional, com 75%; e Eficiência da Água, com 73%. Energia e Atmosfera registrou 17%.

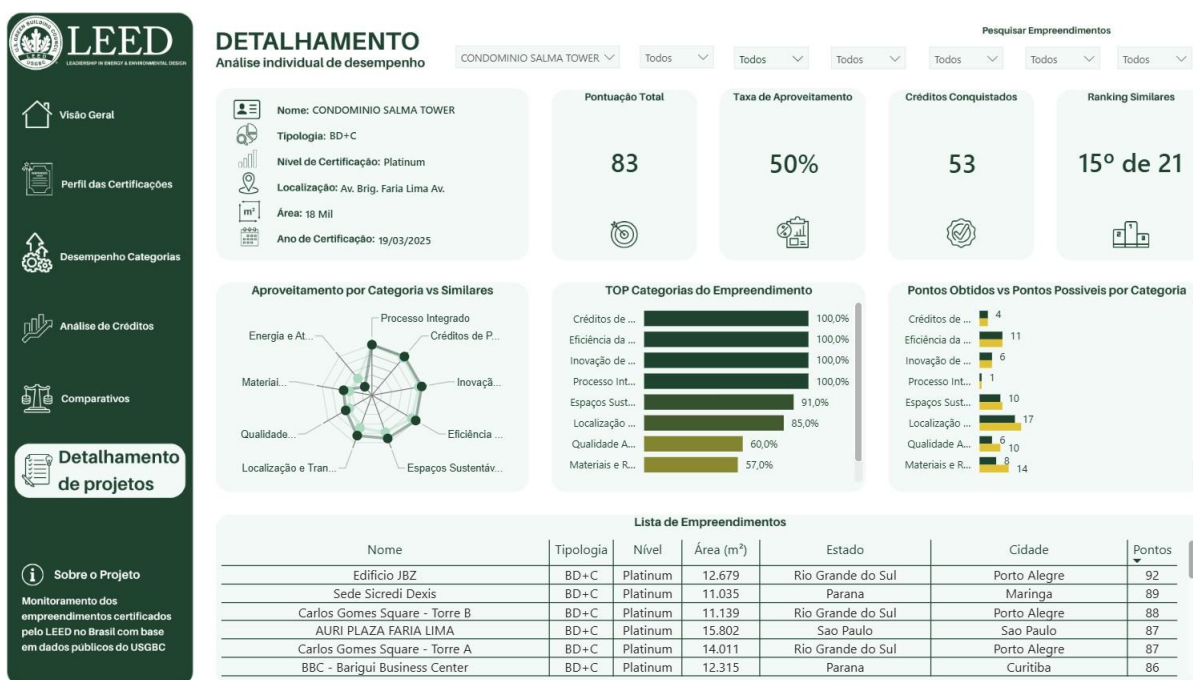
Figura 26 – Análise individual do empreendimento CAPOTE 210 – COMERCIAL, certificado no nível Gold.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O terceiro estudo de caso corresponde ao Condomínio Salma Tower, certificado no nível Platinum e apresentado na Figura 27. O empreendimento obteve 83 pontos e taxa média de aproveitamento de 50%. Foram registrados aproveitamentos de 100% em Inovação de Projeto, Processo Integrado, Créditos de Prioridade Regional e Eficiência da Água, além de 91% em Espaços Sustentáveis e 85% em Localização e Transporte. Energia e Atmosfera apresentou aproveitamento de 22%.

Figura 27 – Análise individual do empreendimento Condomínio Salma Tower, certificado no nível Platinum.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A comparação entre os três empreendimentos permite visualizar como a pontuação de cada projeto se distribui entre as categorias da certificação. Nos casos selecionados, os projetos Gold e Platinum apresentaram pontuações totais mais elevadas e maior aproveitamento em parte das categorias em relação ao projeto Silver. Esses resultados restringem-se ao recorte adotado e demonstram o uso dos filtros e indicadores em consultas individualizadas.

6 CONCLUSÕES

O principal objetivo desse estudo foi atingido, com o desenvolvimento de uma ferramenta analítica no *Microsoft Power BI*, capaz de apoiar o monitoramento e a análise dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED no Brasil, por meio da consolidação de dados públicos disponibilizados pelo *United States Green Building Council (USGBC)* e construção de seis painéis interativos, compostos por indicadores, filtros, mapas, gráficos e tabelas.

A revisão bibliográfica forneceu o embasamento necessário sobre construção sustentável, certificações ambientais, sistema LEED, *Business Intelligence* e *Microsoft Power BI*. A coleta, o tratamento, a padronização e a consolidação dos dados reduziram a base inicial de 936 registros para 831 empreendimentos, após a exclusão de duplicidades e de projetos sem pontuações detalhadas disponíveis publicamente.

Os painéis desenvolvidos possibilitaram explorar as informações em diferentes níveis de detalhamento. As demonstrações contemplaram a distribuição geográfica e temporal dos projetos, o perfil das certificações, o desempenho das categorias, as diferenças entre grupos de empreendimentos e a consulta individual dos projetos. Dessa forma, os objetivos específicos estabelecidos também foram atendidos, e a ferramenta desenvolvida constitui um recurso para organizar, consultar e comparar os dados públicos relacionados às certificações LEED no Brasil.

Como limitação da pesquisa, destaca-se a dependência das informações públicas disponibilizadas pelo USGBC, bem como da disponibilidade das pontuações detalhadas dos empreendimentos analisados. Dessa forma, eventuais alterações na estrutura ou na disponibilidade dessas informações podem influenciar futuras atualizações da base de dados utilizada.

Para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação da ferramenta por meio da incorporação de novos indicadores, da integração com outras certificações ambientais, da análise de empreendimentos internacionais e da atualização contínua da base de dados. Essas possibilidades podem ampliar o acompanhamento da evolução das certificações LEED e a aplicação da ferramenta em estudos relacionados à construção sustentável.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. 144 p. (Série Sustentabilidade, v. 5).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16636-1**: elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos: parte 1: diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 19 p.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício**. 2009. 254 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BOTARO, J. V. R.; MEDINA, M. C. **Inovações tecnológicas do Green BIM motivadas pela pandemia de COVID-19**. 2023. 166 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção sustentável**. Brasília, DF: MMA, [2018]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/item/8059.html>. Acesso em: 20 out. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB Brasil e construção civil**. [Brasília, DF]: CBIC, 2020. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: 7 mar. 2024.

CAO, Y.; KAMARUZZAMAN, S. N.; AZIZ, N. M. Building information modeling (BIM) capabilities in the operation and maintenance phase of green buildings: a systematic review. **Buildings**, Basel, v. 12, n. 6, art. 830, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/6/830>. Acesso em: 23 jul. 2026.

CARAIMAN, A. C.; DAN, S.; PESCARI, S. Green buildings and their benefits in the context of sustainable development. **Annals of the “Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu: Economy Series**, Târgu Jiu, n. 1, p. 194-201, 2023. Disponível em: https://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2023-01/22_Caraiman.pdf. Acesso em: 4 nov. 2023.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas**. [São Paulo]: CBCS, 2014. Disponível em: <https://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>. Acesso em: 27 out. 2023.

CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 12, n. 4, p. 100-127, 2017.

CZMOCH, I.; PEKALA, A. Traditional design versus BIM based design. **Procedia Engineering**, Oxford, v. 91, p. 210-215, 2014.

DARÓS, J. Guia completo: BIM 10D: construção industrializada. *In: Utilizando BIM*. 2019. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>. Acesso em: 18 out. 2023.

DI GAETANO, F.; CASCONI, S.; CAPONETTO, R. Integrating BIM processes with LEED certification: a comprehensive framework for sustainable building design. **Buildings**, Basel, v. 13, n. 10, art. 2642, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/10/2642>. Acesso em: 1 nov. 2023.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 640 p.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, Berkeley, v. 36, n. 2, p. 90-100, 1994.

GASQUES, A. C. F. *et al.* Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 23, n. 1, p. 13-24, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/23375>. Acesso em: 20 out. 2023.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Como funciona o LEED? Conheça as categorias avaliadas na certificação**. 8 jul. 2021. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/como-funciona-o-leed-conheca-as-categorias-avaliadas-na-certificacao/>. Acesso em: 18 out. 2023.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **O que você precisa saber para certificar seu projeto LEED até o final de 2022**. 30 ago. 2022. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/o-que-voce-precisa-saber-para-certificar-seu-projeto-leed-ate-o-final-de-2022/>. Acesso em: 18 out. 2023.

GHRAIR, A. M. *et al.* Influence of grey water on physical and mechanical properties of mortar and concrete mixes. **Ain Shams Engineering Journal**, Cairo, v. 9, n. 4, p. 1519-1525, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310602035_Influence_of_grey_water_on_physical_and_mechanical_properties_of_mortar_and_concrete_mixes. Acesso em: 30 jan. 2024.

GIOVANELLI, A. Triple Bottom Line ou tripé da sustentabilidade. *In: Logística Reversa*, 15 jun. 2015. Disponível em: <https://logisticareversa.org/2015/06/15/triple-bottom-line-ou-tripe-da-sustentabilidade/>. Acesso em: 23 out. 2023.

GOULART, S. V. G. **Levantamento da experiência internacional: experiência nos Estados Unidos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 65 p.

HADJIDEMETRIOU, L. *et al.* A digital twin architecture for real-time and offline high granularity analysis in smart buildings. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 98, art. 104795, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723004067>. Acesso em: 14 mar. 2024.

HONDA, V. Y. **Avaliação do software autodesk revit 2016 para quantificação por meio da modelagem da informação da construção**. 2016. 108 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2016.

KLEIN, M. M. L. *et al.* Certificações ambientais e panorama da inovação em edificações: uma avaliação crítica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-14. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2040>. Acesso em: 12 maio 2024.

LASI, H. *et al.* Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, Wiesbaden, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>. Acesso em: 14 jun. 2026.

MAJDI, A. *et al.* A smart building with integrated energy management: steps toward the creation of a smart city. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, Amsterdam, v. 53, parte C, art. 102663, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138822007123>. Acesso em: 22 mar. 2024.

MICROSOFT. **What is Power BI?** Microsoft Learn, 30 jun. 2025. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>. Acesso em: 12 jun. 2026.

NEGASH, S. Business intelligence. **Communications of the Association for Information Systems**, Atlanta, v. 13, p. 177-195, 2004. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/cais/vol13/iss1/15/>. Acesso em: 11 jun. 2026.

OLIVEIRA, S. B. C.; ALVES, L. A. Novas tecnologias em gestão da sustentabilidade nas obras civis. **Boletim do Gerenciamento**, Rio de Janeiro, n. 37, p. 31-48, 2023. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/1000>. Acesso em: 13 out. 2023.

PINHEIRO, G. F. **O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável: um enfoque sobre os profissionais da área de edificações**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil**: a experiência do SindusCon-SP. São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005. Disponível em: https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Manual_RCD_Sinduscon_SP.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

PRAMANIK, P. K. D. *et al.* Green smart building: requisites, architecture, challenges, and use cases. *In*: INFORMATION RESOURCES MANAGEMENT ASSOCIATION (ed.). **Research anthology on environmental and societal well-being considerations in buildings and architecture**. Hershey, PA: IGI Global, 2021. p. 25-72. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353364289_Green_Smart_Building_Requisites_Architecture_Challenges_and_Use_Cases. Acesso em: 27 out. 2023.

REZENDE, M. O. *et al.* Lean & Green e as etapas do ciclo de vida das construções: mapeamento da literatura e análise de tendências. **Journal of Lean Systems**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 38-61, 2021.

RODRÍGUEZ-GRACIA, D. *et al.* Review of artificial intelligence techniques in green/smart buildings. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, Amsterdam, v. 38, art. 100861, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210537923000161>. Acesso em: 19 abr. 2024.

SARTORI, T.; CALMON, J. L. Analysis of the impacts of retrofit actions on the life cycle energy consumption of typical neighbourhood dwellings. **Journal of Building Engineering**, Oxford, v. 21, p. 158-172, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218306119>. Acesso em: 15 out. 2023.

SEIF, H.; HARATIAN, A. The role of energy audits in green buildings: exploring the potential of machine learning and big data analytics. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW RESEARCH & ACHIEVEMENTS IN SCIENCE, ENGINEERING & TECHNOLOGIES, 3., 2023, Berlin. **Proceedings** [...]. Berlin: [s. n.], 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374543994_The_Role_of_Energy_Audits_in_Green_Buildings_Exploring_the_Potential_of_Machine_Learning_and_Big_Data_Analytics. Acesso em: 4 nov. 2023.

SOUZA, U. E. L. *et al.* **Perdas de materiais nos canteiros de obras**: a quebra do mito. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbienta/SandroD.Mancini/Perdas_na_Construcao_Civil.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

TURBAN, E.; SHARDA, R.; DELEN, D. **Decision support and business intelligence systems**. 9th ed., Upper Saddle River: Pearson, 2011. 696 p. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=T7WHQgAACAAJ>. Acesso em: 10 jun. 2026.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED project directory**. 2026. Disponível em: <https://www.usgbc.org/projects>. Acesso em: 18 maio 2026.

WONG, J. K. W.; ZHOU, J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: a review. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 57, p. 156-165, 2015.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. [New York]: United Nations, 1987. 374 p.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Shaping the future of construction**: a breakthrough in mindset and technology. Geneva: World Economic Forum, 2016. 64 p. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report.pdf. Acesso em: 17 jun. 2024.

ZANIBONI, M. L. de; MARCO, G. de; FLORIAN, F. Sustentabilidade na engenharia civil: inovações tecnológicas e a aplicação da tecnologia BIM. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, Jundiaí, v. 3, n. 1, e361660, 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1660>. Acesso em: 24 out. 2023.

ZHANG, X. A comparison of typical green building evaluation systems: taking China, UK and USA as examples. **Lecture Notes in Education Psychology and Public Media**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 39-45, 2023. Disponível em: <https://lnep.ewapub.com/article/view/3928>. Acesso em: 25 out. 2023.

APÊNDICE A – ACESSO À FERRAMENTA ANALÍTICA DESENVOLVIDA NO MICROSOFT POWER BI

A ferramenta analítica desenvolvida neste trabalho está disponível para consulta por meio do endereço eletrônico apresentado a seguir. O ambiente desenvolvido é composto por seis dashboards interativos: Visão Geral, Perfil das Certificações, Desempenho das Categorias, Análise de Créditos, Comparativos e Detalhamento dos Projetos.

Link de acesso:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTJlY2VINjctMGQ3NS00NTJkLWI2ZjUtMDVINThlZDdjNTU3IiwidCI6ImQ4NWYzODNlLVVjNGUtNDliMi1hYjc3LWZiNmE0YjIyNWYxYyJ9>

O endereço eletrônico permite acessar os indicadores, mapas, gráficos, tabelas e demais recursos desenvolvidos para o monitoramento e a análise dos empreendimentos certificados pelo sistema LEED no Brasil.