

## Habitação de interesse social como modelo eficiente para Betim/MG

### *Social interest housing as an efficient design for Betim/MG*

**Bárbara Guimarães Gomes, Engenheira de Produção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG.**

engenheirabarbaragomes@gmail.com

**Raquel Diniz Oliveira, Doutora em Engenharia Civil e Professora Adjunta, CEFET-MG.**

raqueldiniz@cefetmg.br

**Bruno Henrique Lourenço Camargos, Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.**

brunolourencocamargos@gmail.com

### **Resumo**

O setor da construção civil possui grande potencial para contribuir com as metas globais de eficiência energética e sustentabilidade. Contudo, alguns empreendimentos brasileiros apresentam projetos semelhantes, independentemente do clima. Frequentemente, o custo é priorizado em detrimento do conforto térmico, especialmente na categoria de interesse social. Este artigo visa avaliar a eficiência energética de modelos de habitação social em Betim/MG, com base no LEED. Os critérios incluem localização, sustentabilidade, consumo de água e energia, materiais, qualidade do ar interno. O resultado foi classificado como *Gold* sem alterações no projeto original. Estratégias adicionais podem aprimorar o desempenho e orientar projetos similares.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; Rotulagem de edifícios; LEED.

### **Abstract**

*The building sector has great potential to contribute to the global goals of energy efficiency and sustainability. However, some Brazilian developments feature similar designs, irrespective of the climate. Cost is often prioritized over thermal comfort, particularly in the social housing category. This article aims to evaluate the energy efficiency of social housing models in Betim/MG, using LEED criteria such as location, sustainability, water and energy consumption, materials, and indoor air quality. The result was classified as Gold with no changes made to the original project. Additional strategies could enhance performance and serve as guidelines for similar projects.*

**Keywords:** Energy Efficiency; Building labeling; LEED

## **1. Introdução**

A redução do consumo de energia e combustíveis, e a mitigação das mudanças climáticas são os principais desafios do setor da construção [1]. A Agenda 2030, definida pela reunião da Cúpula das Nações Unidas em 2015, define objetivos de desenvolvimento sustentável com a prerrogativa de transformar o mundo nos próximos anos. O seu objetivo de número treze trata exclusivamente da preocupação em tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos [2].

Neste contexto, as edificações residenciais, apresentam um papel importante em virtude da sua expressiva participação no consumo de energia e no perfil de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Até 2050, estima-se que o uso de energia e as emissões associadas aos edifícios aumentem duas ou, possivelmente, três vezes, devido a algumas tendências como o crescimento da população, sua concentração em áreas urbanas, modificações no tamanho da família e mudanças comportamentais, entre outras [3].

No longo prazo, surge um desafio ainda maior, considerando que as edificações devem fornecer, entre outras qualidades, conforto térmico e lumínico para o desenvolvimento das atividades no ambiente, independentemente das condições climáticas externas e dos materiais de construção utilizados na envoltória. Isso deve ser alcançado priorizando um consumo reduzido de energia. Os edifícios certificados, de forma geral, podem alcançar uma redução significativa no consumo de energia e água em comparação com àqueles projetados sem este objetivo. Neste sentido, a certificação americana *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), lançada em 1996, emerge como uma ferramenta crucial de avaliação voluntária. Essa certificação permite reconhecer e divulgar edificações energeticamente eficientes, com utilização otimizada e sustentável dos recursos naturais, além de impacto ambiental reduzido, alcançado por meio de práticas ambientalmente responsáveis ao longo de todo o ciclo de vida do edifício (incluindo a fase de projeto, construção, operação e manutenção). Isso se deve ao fato de que o LEED se fundamenta em critérios objetivos e categorizados, tornando-se reconhecido e adotado globalmente. Através de um sistema de pontuação, são considerados créditos obrigatórios (pré-requisitos) e opcionais, possibilitando alcançar classificações que variam de Certificado, Prata, Ouro a Platina, com notas que vão de um mínimo (40) a um máximo (110 pontos). Após a publicação da versão V4 em 2013, os critérios foram reforçados para ainda mais redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas edificações [4].

Guo, Lee, Wang e Liu (2021) indicaram que a satisfação dos ocupantes de edifícios com certificação LEED, que em média apresentam de 25 a 30% de economia de energia, é maior em comparação com àqueles não certificados. Algumas pessoas passaram a ficar ainda mais tempo em casa depois de vivenciar a pandemia de COVID-19 devido à flexibilidade para trabalhar remotamente. Assim, os custos operacionais, a saúde e bem-estar propiciados pelas moradias passaram a ter uma relevância ainda maior [5].

Em 2023, o Brasil ocupou a quinta posição no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas LEED. De acordo com o *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil, 2024), houve um aumento de 9% no número de registros em comparação com o ano anterior, com destaque para o segmento residencial, que apresentou um aumento de 40%. No mesmo ano, 24% dos edifícios certificados no Brasil na categoria de novas construções alcançaram o nível mais elevado (Platina), superando a média global de empreendimentos certificados LEED Platina para novas construções, que foi de 8%. No Brasil, essa porcentagem atingiu 11,5% [6].

A literatura apresenta diversos estudos que se concentraram na aplicação do LEED em diferentes tipos de edifícios, como hospitais, escolas, escritórios, entre outros [7]. No contexto brasileiro, destaca-se o estudo realizado por Bueno e Rossignolo (2011), que se concentrou no padrão de certificação para residências [8]. Wu *et al.* (2018) abordaram a variação dos créditos regionais [9], enquanto Obata *et al.* (2019) investigaram o potencial do LEED em retratar o desempenho sustentável de edifícios [10]. Complementarmente, Sala Benites, Osmond e Rossi (2020) examinaram as limitações e potencialidades do uso da ferramenta de avaliação de sustentabilidade de bairros prevista no LEED-ND (Desenvolvimento de Bairros) para mitigar as emissões de gases de efeito estufa, especialmente no contexto de São Paulo [11]. Nesse cenário, Lima, Freitas e Azerêdo (2020) avaliaram a contribuição das certificações ambientais

habitação, tanto internacionais (BREEAM, LEED, CASBEE, HQE e DGNB) quanto nacionais (AQUA e SELO CASA AZUL), para a sustentabilidade ambiental urbana [12]. Por fim, ressalta-se o trabalho de Gregório e Peinado (2024) que analisaram a aplicação de critérios de sustentabilidade do selo Casa Azul e da certificação LEED BD+C v.4 em projetos de uma Habitação de interesse social (HIS). Ambas as certificações priorizam a etapa de elaboração de projetos, especialmente o projeto arquitetônico, com 16,67% dos critérios do LEED BD+C v.4 e 39,39% do total interferindo nesse aspecto [18].

A respeito da pontuação média alcançada pelas edificações certificadas LEED-NC (*New Construction*), diversos estudos foram conduzidos nos Estados Unidos da América (EUA) [13, 14 e 15]. Pushkar e Verbitsky (2018) analisaram 920 projetos certificados pela versão 3 (V3), identificando pontuações na faixa de 51–55 pontos (Prata) e 61–68,5 pontos (Ouro) [13], corroborando estudos prévios [9]. As categorias *Sustainable Sites* (SS), *Water Efficiency* (WE), *Indoor Air Quality* (IAQ) e *Innovation* (IN) alcançaram pontuações intermediárias (56,0–68,3% dos pontos possíveis), enquanto *Energy and Atmosphere* (EA) e *Materials and Resources* (MR) obtiveram pontuações mais baixas (30% e 41% dos pontos possíveis, respectivamente). Em um estudo subsequente, Pushkar e Verbitsky (2019) examinaram 1.598 projetos certificados Prata e Ouro pela V3, observando que a categoria EA registrou o maior aumento na pontuação, enquanto SS e *Indoor Environmental Quality* (IEQ) alcançaram pontuações intermediárias, e WE, MR e IN foram menos pontuadas [14], confirmando resultados anteriores [3]. Em outra análise realizada por Pushkar (2020) em projetos certificados pela V4, *Silver*, *Gold* e *Platinum*, constatou-se que as categorias SS e EA foram as mais bem sucedidas, WE e IEQ obtiveram pontuações médias, enquanto LT e MR foram as menos pontuadas em relação à pontuação disponível [15]. A categoria IN foi alcançada apenas em projetos Platina. Esses achados indicam empiricamente que o LEED falha em incentivar e recompensar a inovação.

Em um estudo direcionado para a cidade de Cabul, Afeganistão, as tipologias construtivas das residências foram categorizadas em quatro variações e posteriormente avaliadas em relação aos critérios da certificação LEED [3], a saber: apartamentos (*Apartment Buildings*), casas isoladas (*Detached Houses*), Casas com pátio (*Courty and Houses*) e Casas em encostas (*Houses on slopes*). Nesta pesquisa, verificou-se que os assentamentos informais, que cobrem um terço dos edifícios residenciais em Cabul, não cumprem os requisitos mínimos do sistema de certificação LEED. A maioria dos assentamentos formais também não possui os pré-requisitos e requisitos mínimos para serem candidatos à certificação LEED. De modo geral, as edificações apresentam poucas estratégias bioclimáticas e precisam melhorias relacionadas a eficiência e o consumo de energia, entre outras. Na Tabela 1 verifica-se a pontuação alcançada para cada categoria. Os itens *Location and transport* (LT) e *Integrated Process* (IP) não foram analisados por se tratar de estudo de diversas tipologias construtivas dispersas em diferentes partes da cidade.

Uma HIS refere-se a unidades habitacionais destinadas a famílias de baixa renda que não têm acesso adequado à moradia no mercado convencional, sendo essa a principal diferença entre outras edificações. Nas HIS, frequentemente são seguidos modelos padronizados que carecem de conforto e eficiência energética, uma vez que a concepção de projetos focada apenas no custo do empreendimento pode prejudicar o desempenho das edificações. No entanto, a certificação LEED oferece uma oportunidade para melhorar a eficiência energética nesses empreendimentos. Ao adotar os critérios do LEED, pode-se garantir práticas sustentáveis na construção, proporcionando espaços mais saudáveis e confortáveis para os moradores, além de trazer benefícios financeiros e ambientais a longo prazo.

**Tabela 1:** Média da pontuação LEED para todos as tipologias de edifícios residenciais em Cabul, Afeganistão.

Critérios	Pontuação	Casas isoladas	Casas com pátio	Casas em encostas	Apartamentos	Média de pontos
LT	16	-	-	-	-	-
IP	1	-	-	-	-	-
SS	10	7,8	10,0	0,9	10,1	7,2
WE	11	1,8	2,4	0,4	0,8	1,4
EA	33	4,3	7,4	0,5	6,1	4,6
MR	13	4,0	1,9	2,2	0,7	2,2
IAQ	16	5,1	3,8	1,7	3,6	3,6
IN	6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Regional Priority (RP)</i>	4	1,4	0,8	0,0	0,4	0,7
Total	110	25,8	26,3	5,7	21,7	20,1

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

Fonte: Sabory *et al.* (2021).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a proposta de HIS como um modelo eficiente para a cidade de Betim, em Minas Gerais.

## 2. Procedimentos Metodológicos

No presente estudo, a conformidade do modelo de projeto de habitação de interesse social a ser construída na cidade de Betim/MG foi avaliado em relação sistema de classificação LEED V4 de 2019 [4]. Para tanto, foram conduzidas duas etapas a saber: 1) caracterização do edifício; 2) Coleta de dados e análise dos critérios previsto na certificação LEED.

### 2.1. Caracterização do objeto de estudo

O objeto em estudo é uma edificação unifamiliar de dois pavimentos em fase de projeto, a ser construída em Betim, Minas Gerais (conforme Figura 1). Trata-se do projeto arquitetônico de um conjunto de habitações de interesse social, composto por 198 unidades, com área bruta a construir de 157,17m<sup>2</sup> por habitação (sendo 82,54m<sup>2</sup> no térreo e 74,63m<sup>2</sup> no segundo pavimento), como ilustrado na Figura 2a e 2b.

A edificação possui ambientes de permanência prolongada, incluindo uma sala de 38,96m<sup>2</sup> no primeiro pavimento, uma suíte de 8,26m<sup>2</sup> e dois dormitórios de 9,19m<sup>2</sup> e 7,41m<sup>2</sup>, todos localizados no segundo pavimento conforme mostrado na Figura 2b. O memorial descritivo dos materiais de construção utilizados na HIS estudada está apresentado no Apêndice A, onde é indicado que a vedação vertical é composta por tijolos cerâmicos de 9x19x19cm com 8 furos quadrados, 1cm de argamassa de assentamento e 2,5cm de emboço, totalizando 14cm. Já a vedação horizontal é composta por laje pré-moldada (12cm) e telhas metálicas (0,1cm, brancas).



**Figura 1:** Perspectiva tridimensional da habitação unifamiliar. Fonte: Gtop, 2019 [16].



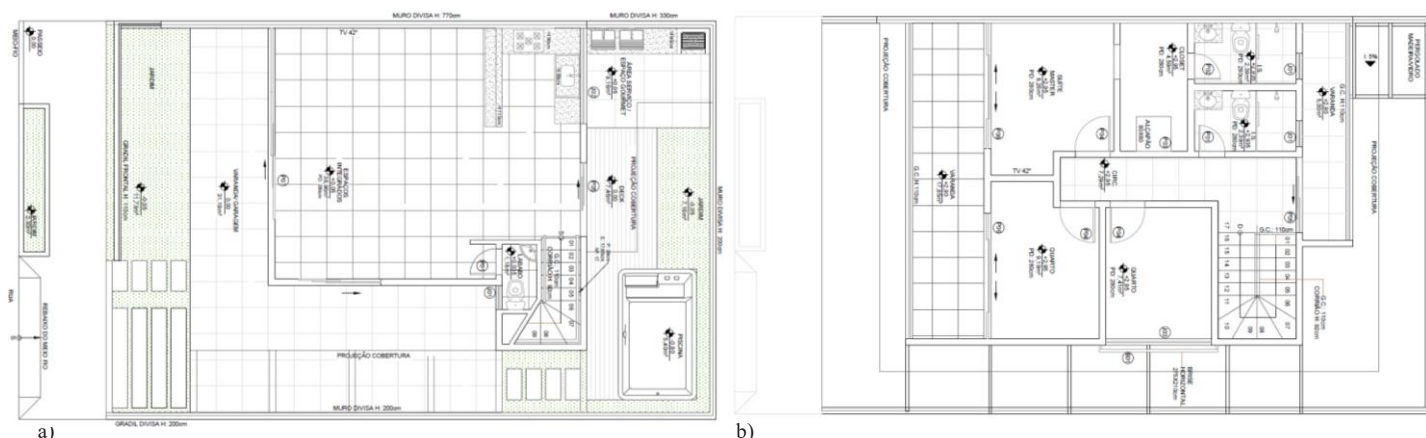


Figura 2: a) Layout do 1º. b) Layout do 2º pavimento. Fonte: Gtop, 2019 [16].

## 2.2. Aplicação do LEED

O referencial LEED apresenta pré-requisitos obrigatórios e créditos que geram pontuações proporcionais ao seu atendimento. Sua avaliação engloba a localização do empreendimento, o espaço sustentável, a eficiência no uso da água, a qualidade interna do ambiente, a inovação, entre outros aspectos. Embora a avaliação não atribua pesos diferentes para suas subdivisões, é importante observar que aquela com maior quantidade de itens a serem avaliados também possui maior valor [4]. Os cálculos referentes à pontuação alcançada pela edificação foram realizados manualmente para cada critério, conforme as especificidades do projeto em questão, considerando o LEED *scorecard* [17] adotado para este estudo.

## 3. Resultados

Os pré-requisitos exigidos para todas as categorias foram considerados atendidos tendo em vista as especificidades do projeto em análise, incluem: a utilização de materiais de baixa emissão para melhorar a qualidade do ar interior, implementação de um plano de gerenciamento de resíduos de construção para evitar o envio de resíduos para aterros, oferta de acesso ao transporte público para reduzir as emissões de GEE, uso de paisagismo eficiente e sistemas de irrigação para conservar água e cumprimento de padrões de desempenho energético para reduzir o consumo de energia e as emissões de GEE. Na Tabela 2, é apresentada uma síntese dos resultados obtidos para o estudo de caso, considerando a categoria *New Construction* do referencial LEED V4 [4], especificamente para o critério de LT.

Tabela 2. Pontuação do Estudo de Caso segundo Critérios LT do LEED.

Créditos	Pontuação prevista no referencial LEED	Pontuação obtida pelo estudo de caso	Pontuação Possível (talvez)	Pontuação impossível de ser obtida pelo estudo de caso
<i>Sensitive Land Protection</i>	1	1	0	0
<i>High Priority Site</i>	2	0	0	2
<i>Surrounding Density and Diverse Uses</i>	5	5	0	0
<i>Access to Quality Transit</i>	5	5	0	0
<i>Bicycle Facilities</i>	1	0	0	1
<i>Reduced Parking Footprint</i>	1	1	0	0
<i>Green Vehicles</i>	1	0	0	1
<b>Total: LEED for Neighborhood Development Location</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

Fonte: Autores.

Como indicado na Tabela 2, concluiu-se que o bairro onde o empreendimento está localizado é pouco adensado e não apresenta impactos significativos no solo e no meio ambiente, além de oferecer fácil acesso aos meios de transporte públicos. No entanto, não há ciclovias ou veículos verdes na região. Além disso, o bairro não é classificado como "local de alta prioridade". Como resultado, o empreendimento obteve 75% da pontuação no quesito LT. Na Tabela 3, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos para o estudo de caso, considerando o critério de SS.

Para avaliar os Locais Sustentáveis, observou-se que a edificação em análise não faz o reaproveitamento das águas pluviais. Nesse sentido, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), responsável pelo abastecimento de água da cidade, seria encarregada do manejo dessas águas por meio da rede de coleta pluvial ao longo das vias de acesso. No entanto, esse requisito poderia ser facilmente atendido com a instalação de cisternas para coletar águas pluviais, permitindo sua reutilização para irrigação do jardim ou para outros fins, como a limpeza de pisos. Outro aspecto a ser melhorado seria a ventilação interna, facilitando a adaptação às esquadrias da edificação. Esse item representa 8 pontos (somados à adaptação fácil para o reuso de águas pluviais), totalizando 80%. Neste critério, obteve-se apenas 50% dos pontos possíveis, uma pontuação abaixo da média observada por Pushkar e Verbitsky (2018) para edificações certificadas como Prata ou Ouro [13].

**Tabela 3.** Pontuação obtida pelo estudo de caso conforme critérios SS da certificação LEED.

Créditos	Pontuação prevista no referencial LEED	Pontuação obtida pelo estudo de caso	Pontuação Possível (talvez)	Pontuação impossível de ser obtida pelo estudo de caso
<i>Site Assessment</i>	1	1	0	0
<i>Site Development - Protect or Restore Habitat</i>	2	2	0	0
<i>Open Space</i>	1	1	0	0
<i>Rainwater Management</i>	3	0	3	0
<i>Heat Island Reduction</i>	2	0	0	2
<i>Light Pollution Reduction</i>	1	1	0	0
<b>Total: Sustainable Sites</b>	10	5	3	2

Fonte: Autores.

Na Tabela 4 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos para o estudo de caso, considerando o critério de WE.

**Tabela 4.** Pontuação obtida pelo estudo de caso conforme critérios WE da certificação LEED.

Créditos	Pontuação prevista no referencial LEED	Pontuação obtida pelo estudo de caso	Pontuação Possível (talvez)	Pontuação impossível de ser obtida pelo estudo de caso
<i>Outdoor Water Use Reduction</i>	2	2	0	0
<i>Indoor Water Use Reduction</i>	6	6	0	0
<i>Cooling Tower Water Use</i>	2	0	0	2
<i>Water Metering</i>	1	1	0	0
<b>Total: Water Efficiency</b>	11	9	0	2

Fonte: Autores.

Dada a zona bioclimática em que Betim está situada, acredita-se que o uso de uma torre de resfriamento não seria necessário. Apenas uma modificação na ventilação local seria suficiente

para atender às necessidades da edificação. Esta avaliação resultou em 9 pontos, equivalente a aproximadamente 82%, um alcance similar ao observado no estudo de Pushkar (2020) [15]. Além disso, foi observado que o empreendimento atende à demanda de seus usuários, porém não realiza compensação ambiental pelos gases gerados, tampouco utiliza fontes de energia renováveis. Dessa forma, neste quesito, foram obtidos 21 pontos, totalizando aproximadamente 64%. A envoltória da edificação está sob controle da gestão e segue metodologias estratégicas, alcançando 100% neste critério.

Os resultados obtidos para o estudo de caso, considerando o critério de EA, são apresentados na Tabela 5. Observa-se que todos os pré-requisitos foram atendidos e foi alcançado 57% dos pontos possíveis, um desempenho mais significativo em comparação ao observado por Pushkar e Verbitsky (2018) [13].

**Tabela 5.** Pontuação obtida pelo estudo de caso conforme critérios de EA da certificação LEED.

Créditos	Pontuação prevista no referencial LEED	Pontuação obtida pelo estudo de caso	Pontuação Possível (talvez)	Pontuação impossível de ser obtida pelo estudo de caso
<i>Enhanced Commissioning</i>	6	6	0	0
<i>Optimize Energy Performance</i>	18	11	0	0
<i>Advanced Energy Metering</i>	1	1	0	0
<i>Demand Response</i>	2	0	2	0
<i>Renewable Energy Production</i>	3	0	0	3
<i>Enhanced Refrigerant Management</i>	1	1	0	0
<i>Green Power and Carbon Offsets</i>	2	0	0	2
<b>Total: Energy and Atmosphere</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos para o estudo de caso, considerando o critério de MR, são apresentados na Tabela 6. Observa-se que todos os pré-requisitos foram atendidos, alcançando 31% dos pontos possíveis. Esse desempenho é mais baixo do que o observado por Pushkar e Verbitsky (2018) [13], refletindo uma pontuação similar àquela relatada por eles em 2019 [14].

**Tabela 6.** Pontuação obtida pelo estudo de caso conforme critérios de MR da certificação LEED.

Créditos	Pontuação prevista no referencial LEED	Pontuação obtida pelo estudo de caso	Pontuação Possível (talvez)	Pontuação impossível de ser obtida pelo estudo de caso
<i>Building Life-Cycle Impact Reduction</i>	5	0	5	0
<i>Building Product Disclosure and Optimization - Environmental Product Declarations</i>	2	0	2	0
<i>Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials</i>	2	2	0	0
<i>Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients</i>	2	0	2	0
<i>Construction and Demolition Waste Management</i>	2	2	0	0
<b>Total: Materials and Resources</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>0</b>

Fonte: Autores.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados obtidos para o estudo de caso, considerando o critério de IEQ. Nota-se que todos os pré-requisitos foram atendidos, alcançando quase 93% dos pontos possíveis, um desempenho superior ao relatado por estudos anteriores, que classificaram esta categoria como de médio alcance [13, 14 e 15].

**Tabela 7.** Pontuação obtida pelo estudo de caso conforme critérios de IEQ da certificação LEED.

Créditos	Pontuação prevista no referencial LEED	Pontuação obtida pelo estudo de caso	Pontuação Possível (talvez)	Pontuação impossível de ser obtida pelo estudo de caso
<i>Enhanced Indoor Air Quality Strategies</i>	2	2	0	0
<i>Low-Emitting Materials</i>	3	3	0	0
<i>Construction Indoor Air Quality Management Plan</i>	1	1	0	0
<i>Indoor Air Quality Assessment</i>	2	2	0	0
<i>Thermal Comfort</i>	1	1	0	0
<i>Interior Lighting</i>	2	2	0	0
<i>Daylight</i>	3	3	0	0
<i>Quality Views</i>	1	0	1	0
<i>Acoustic Performance</i>	1	1	0	0
<b>Total: Indoor Environmental Quality</b>	16	15	1	0

Fonte: Autores.

Os critérios de IP, IN e *Regional Priority* (RP) não foram considerados no objeto deste estudo de caso. No entanto, poderiam ser obtidos até 4 pontos no critério RP caso o projeto fosse alterado. Estudos anteriores indicaram que o critério IN foi um dos menos pontuados, sendo obtido apenas em projetos com certificação Platina [14 e 15], confirmando o pouco incentivo do LEED [17] à inovação. No geral, verificou-se a possibilidade de obtenção de 64 pontos para a edificação objeto deste estudo de caso, conforme as especificações do projeto. Assim, a edificação poderia ser certificada como *Gold* (Ouro). É importante notar que, apesar da edificação não ter sido planejada para atender aos requisitos específicos do LEED e de ser classificada como de interesse social, foi possível obter resultados acima da média em comparação com estudos prévios para casas isoladas [3] e edifícios certificados nos EUA na categoria Prata e Ouro [9 e 13]. A pontuação foi considerada para a edificação na fase de projeto. Desta maneira, caso algumas alterações possíveis fossem implementadas dentro das especificidades do projeto durante a fase de construção, a edificação poderia obter pontos adicionais (até 24 pontos), o que possibilitaria alcançar a certificação *Platinum* (Platina), com mais de 80 pontos, caso pelo menos 16 dos 24 pontos possíveis fossem obtidos.

#### 4. Considerações Finais

As habitações de interesse social representam uma parcela significativa do ambiente construído, e seu impacto ambiental pode ser substancial. Compreender e aprimorar a eficiência energética dessas habitações é fundamental não apenas para garantir a qualidade de vida dos moradores, mas também para promover um desenvolvimento urbano mais sustentável e resiliente. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo examinar a viabilidade de uma habitação de interesse social como um modelo eficaz para a cidade de Betim, em Minas Gerais, por meio de uma abordagem centrada nos quesitos de atendimento à eficiência energética segundo a classificação LEED.



O projeto analisado se mostrou relevante como referência para edificações similares nesta localidade que objetivam alcançar maiores níveis de desempenho térmico e eficiência energética. Contudo, apesar dos bons resultados, verificou-se que a edificação não alcançou o nível máximo de eficiência conforme o LEED. No entanto, considerando que o empreendimento se encontra em fase de projeto, ainda seria possível implementar novas estratégias que resultem em melhores pontuações nestas certificações, tais como o uso aquecimento solar da água, dispositivos hidráulicos economizadores, aplicação de técnicas de reuso para águas cinzas e/ou pluviais, entre outras.

A avaliação do custo/benefício gerado com as possíveis modificações de projeto poderá contribuir para demonstrar o custo de um edifício otimizado, do ponto de vista térmico e de eficiência, em trabalhos futuros, complementando o assunto abordado.

## Referências

- [1] SANTAMOURIS, M. Innovating to zero the building sector in Europe: Minimizing the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. **Solar Energy**, 2016, v. 128, p. 61-94. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.021>
- [2] PNUD. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Objetivo 13**: Ação contra a mudança global do clima. Brasília, 2020. Disponível: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>. Acesso: 12 mai. 2023.
- [3] SABORY, N. R.; SENJYU, T.; MOMAND, A. H.; WAQFI, H.; SABOOR, N.; MOBAREZ, R.; RAZEQI, F. LEED Scores of Residential Buildings in Poor Cities: Kabul City Case. **Sustainability** 13, n. 12, 2021, p. 69-59. <https://doi.org/10.3390/su13126959>
- [4] USGBC. UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED - Leadership in Energy and Environmental Design**: Reference guide for building design and construction. Washington: USGBC, 2019. v. 4.1.
- [5] GUO, X.; LEE, K.; WANG, Z.; LIU, S. Occupants' satisfaction with LEED- and non-LEED-certified apartments using social media data. **Building and Environment**, v. 206, 2021, p. 108288. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108288>
- [6] GBC BRASIL. GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Barueri, 2024. **Conteúdo - Relatório de Atividades 2023**. Disponível: <https://www.gbcbrasil.org.br/relatorio-de-atividades-2023/>. Acesso: 12 mar. 2024.
- [7] PUSHKAR, S. Evaluating State-of-the-Art LEED-NCv4 in the U.S. **Applied Sciences**, v. 10, no. 3: 775, 2020. <https://doi.org/10.3390/app10030775>.
- [8] BUENO, C.; ROSSIGNOLO, J. A. Análise da aplicação da certificação ambiental de edificações habitacionais LEED for Homes no contexto brasileiro. **Risco: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, v. 13, 2011, p. 65-74. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i13p65-74>.
- [9] WU, P.; SONG, Y.; WANG, J.; WANG, X.; ZHAO, X.; HE, Q. Regional Variations of Credits Obtained by LEED 2009 Certified Green Buildings – A Country Level Analysis. **Sustainability**, v. 10, n. 20, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10010020>.
- [10] OBATA, S. H.; AGOSTINHO, F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F. LEED certification as booster for sustainable buildings: Insights for a Brazilian context. **Resources**,

**Conservation & Recycling**, v. 145, 2019, 170-178.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.037>.

[11] SALA BENITES, H.; OSMOND, P.; ROSSI, A. M. G. Developing Low-Carbon Communities with LEED-ND and Climate Tools and Policies in São Paulo, Brazil. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 146 (2020), p. 04019025. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000545](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000545).

[12] LIMA, L. M. de; FREITAS, R.; AZERÊDO, J. As certificações ambientais habitacionais contribuem na sustentabilidade ambiental urbana? In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC 20, 2021, Palmas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021, p. 88-97.

[13] PUSHKAR, S.; VERBITSKY, O. LEED-NCv3 Silver and Gold certified projects in the US: An observational study. **Journal of Green Building**, v. 13, 2018, p. 67–83. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.13.2.67>.

[14] PUSHKAR, S.; VERBITSKY, O. LEED-NC 2009 Silver to Gold certified projects in the US in 2012–2017: An appropriate statistical analysis. **Journal of Green Building**, v. 14, 2019, p. 83–107. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.14.2.83>.

[15] PUSHKAR, S. Evaluating State-of-the-Art LEED-NCv4 in the U.S. **Applied Sciences**, v. 10, no. 3, 2020, p. 775. <https://doi.org/10.3390/app10030775>.

[16] GTOP CONSTRUTORA S/A. Projeto Arquitetônico e memorial construtivo de conjunto habitacional unifamiliar de interesse social. Betim: Gtop, 2019.

[17] USGBC. Washington, 2024. LEED v4.1 Building Design +Construction - LEED v4.1 BD+C scorecard. Disponível: <https://www.usgbc.org/leed/v41#bdc>. Acesso: 05 abr. 2022.

[18] GREGORIO, A. S.; PEINADO, H. S. Estratégias projetuais para habitação de interesse social com base em requisitos de sustentabilidade ambiental. **Contribuciones a las ciencias sociales**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. e5490, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.4-167>

## Apêndice A – Memorial Descritivo: Materiais de construção

### PLANILHA DE QUANTITATIVOS - 01 UNIDADE - SOBRADO (CASA)

DESCRIÇÃO	UND	QTDE
SOBRADO – TIPO (Habitação de interesse social)		
ALVENARIAS		
ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO FURADO E: 14X19X39CM - GASTA 19 TIJOLOS POR M2 - ÁREA A CONSTRUIR ALVENARIA 246.48M2 - QUANTIDADE DE TIJOLOS COM 10%	UNID	4966.00
VERGA E CONTRA-VERGA EM CONCRETO	M	45.58
ESQUADRIAS E FERRAGENS		
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DOS CAIXILHOS DE ALUMÍNIO ANDORIZADO NATURAL		
CAIXILHO TIPO MAXIMAR COM 01 MÓDULO 95X60CM	UNID	3
CAIXILHO TIPO CORRER COM 02 MÓDULO 230X160CM	UNID	1
CAIXILHO TIPO CORRER COM 02 MÓDULO 245X160CM	UNID	1
PORTA ABRIR 60X210CM	UNID	1
PORTA TIPO BALCÃO 02 MÓDULOS DE CORRER 170X250CM	UNID	2
PORTA TIPO BALCÃO 02 MÓDULOS DE CORRER 290X250CM	UNID	1
PORTA TIPO BALCÃO EM L 02 MÓDULOS DE CORRER 593X255X250CM	UNID	1
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DOS KITS COMPLETO, INCLUINDO INSTALAÇÃO DAS FECHADURAS E DOBRADIÇAS		
PORTA TIPO ABRIR, LISA EM MADEIRA ANGELIN, TIPO PRANCHETA 60X210CM	UNID	2
PORTA TIPO ABRIR, LISA EM MADEIRA ANGELIN, TIPO PRANCHETA 80X210CM	UNID	3
ALISAR ANGELIM 7CM	UNID	5
PEITORIL JANELA EM GRANITO BRANCO DALLAS, ESP.:2MM, CAIMENTO PARA A PARTE EXTERNA DE 3%, COM PINGADEIRA - AVANÇAR 4CM PARA FORA DO ALINHAMENTO DA PAREDE E 2.5 CM DE CADA LADO DO COMPRIMENTO PARA LANÇAR ÁGUA PARA FORA DA PAREDE	M	6.80
PORTA TIPO ABRIR, EM METALON (ALÇAPÃO) 80X80CM	UNID	1
GRADIL NYLOFOR H: 103CM, FIO 5MM, MALHA 50x200MM, L: 642CM, INCLUSIVE POSTES E GRAMPOS	M2	6.42
FORNECIMENTO DE FERRAGENS PARA ESQUADRIAS DE MADEIRA		
FECHADURA INTERNA MÉDIA CROMADA PORTAS I.S. INTERNA	UNID	2
FECHADURA INTERNA MÉDIA CROMADA PORTAS QUARTOS E SUITE INTERNA	UNID	3
JOGO DE DOBRADIÇAS INTERNAS	PÇ	5
BRISE MADEIRA		
BRISE HORIZONTAL EM MADEIRA 275X200CM, PERFIL ALETAS 4X5CM, ESPAÇAMENTO ENTRE ALETAS 10CM	UNID	1
VIDROS		
VIDRO LAMINADO 10MM, LISO, VERDE 172.5x174CM - PERGOLADO - ESPAÇO GOURMET	M2	3.15
VIDRO TEMPERADO 10MM COM PELÍCULADE SEGURANÇA, LISO, INCOLOR, PELÍCULA ADESIVA ESPELHADA 500x110CM - GUARDA-CORPO	M2	5.50
VIDRO TEMPERADO 10MM COM PELÍCULADE SEGURANÇA, LISO, INCOLOR, PELÍCULA ADESIVA ESPELHADA - 743x110CM - GUARDA-CORPO	M2	8.17
VIDRO TEMPERADO 8MM, COM PELÍCULA DE SEGURANÇA, LISO, VERDE 140x190CM - BOX BANHEIROS	UNID	2
VIDRO TEMPERADO 10MM COM PELÍCULADE SEGURANÇA, LISO, INCOLOR, PELÍCULA ADESIVA ESPELHADA - PORTAS E JANELAS	M2	27
AUTOMATIZAÇÃO		
INTERFONE COM 01 PONTOS	UNID	1
FONES DE INTERFONE	UNID	1
PISOS		
PISO EM CONCRETO, PREPARADO EM OBRA COMBETONEIRA, FCK10 MPA, SEM ARMAÇÃO, ACABAMENTO RÚSTICO, ESP.5CM, INCLUSIVE FORNECIMENTO, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO, SARRAFEAMENTO	M2	84.28
CONTRAPISO DESEMPENADO COM ARGAMASSA, TRAÇO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESP. 20MM	M2	139.41
PISO PORCELANATO MÁRMORE, ESMALTADO ACETINADO, PEI 3, 60x60CM,ESPAÇAMENTO : 3MM, INTERNO - COR: BEGE SENSITIVE FENDI, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO NA COR: BEGE	M2	53.01
PISO CERÂMICA ESMALTADA ACETINADA, PEI 4, 60x60cm, NAVAGIO 61846 , ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO NA COR: BEGE	M2	53.28
PISO LAMINADO, COR: CAPPUCCINO, EUCAFLOOR PRIME	M2	29.45
PISO DECK MADEIRA SINTÉTICA, INCLUSIVE FORNECIMENTO E MONTAGEM	M2	7.46
PISO DORMENTE CIMENTÍCIO PREPARADO EM OBRA	M2	5.18
SOLEIRA EM GRANITO BRANCO DALLAS	M2	2.83
PISO EM GRANITO BRANCO DALLAS DEGRAUS, ESPELHOS E PATAMARES	M2	5.13
RODAPÉ EM GRANITO BRANCO DALLAS H: 17.65CM, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO	M	18.20
RODAPÉ EM PORCELANATO MÁRMORE, ESMALTADO ACETINADO, PEI 3, 60x60CM, H: 15CM, INTERNO - COR: BEGE SENSITIVE FENDI, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO	M	34.34
RODAPÉ EM CERÂMICA ESMALTADA ACETINADA, PEI 4, 60x60cm, NAVAGIO 61846 , ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO	M	3.80
RODAPÉ EM HPP PRIME, COR: CAPPUCCINO, ESP.7MM, H: 7CM	M	29.84
REJEUNTE PARA PISO ÁREAS SECAS, INTERNO / EXTERNO - 5Kg - COR: BEGE - PISO, RODAPÉ E SOLEIRAS - 115.00 M2 = 20KG DE REJUNTE	SC	4
ARGAMASSA COLANTE - 5K - PISO, RODAPÉ E SOLEIRAS - 115.00 M2 = 690KG ARGAMASSA	SC	138
REVESTIMENTO PAREDES E TETO		
EMBOÇO COM ARGAMASSA , CIMENTO E AREIA	M2	349.00
REBOCO COM ARGAMASSA , CIMENTO E AREIA	M2	349.00
REVESTIMENTO CERÂMICA BOLD 30X40, SLIN, BRILHANTE, COR: BRANCO, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO - I.S. E LAVABO	M2	26.30
REVESTIMENTO DE PAREDE 3D, 50X50CM, COR: BRANCO, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, INCLUSIVE REJUNTAMENTO – PAREDE BANCADA DE APOIO, ESPAÇO GOURMET E COZINHA	M2	23.62
GESSO LISO	M2	390.53
PERFIL "U" EM ALUMÍNIO PARA ACABAMENTO EXTERNO	M	18.20

REJEUNTE, INTERNO / EXTERNO - 5Kg - COR: BRANCO	SC	3
ARGAMASSA COLANTE - 5K - PISO, RODAPÉ E SOLEIRAS - 49.62M2 = 300KG ARGAMASSA	SC	60
PINTURAS PAREDES E TETOS		
TINTA ACRÍLICA FOSCA RENDE MUITO, 18 L, INTERNA	M2	246.48
TINTA ACRÍLICA FOSCA RENDE MUITO, 18 L, EXTERNA	M2	102.52
VERNIZ SPARLACK NEUTREX PARA MADEIRA ,3,6 L - COR: CASTANHO AVERMELHADO - SPARLACK	M2	8.19
SELADOR DE PAREDE ACRÍLICO, 18L, INTERNA/EXTERNA - SUVINIL	M2	349.00
COBERTURA		
FORNECIMENTO, FABRICAÇÃO, TRANSPORTE E MONTAGEM DE ESTRUTURA METÁLICA PARA TELHADO SOBRE LAJE PARA TELHAS METÁLICAS, INCLUSIVE PINTURA PRIMER	M2	92.30
TELHA METÁLICA TERMOACÚSTICA 16 CHAPAS, ISOLANTE EM POLIURETANO, I:10%, PINTURA ELETROSTÁTICA NA COR: BRANCO, DIMENSÕES DA COBERTURA 1155x803CM, DIMENSÕES DA CHAPA 103x570m.	M2	92.30
CUMEEIRA EM AÇO GALVANIZADO TRAPEZOIDAL 40 - L: 30CM	M	1.00
RUFO LATERAL EM AÇO GALVANIZADO	M	6.00
CALHA EM AÇO GALVANIZADO, MOLDURA PARA BEIRAL 28", 2M	M	16.06
PINTURA DOS RUFOS E CALHAS, COR: BRANCO COM TINTA ESMALTE BRILHANTE DUAS DEMÃO	M	23.06
PERGOLADO EM MADEIRA, TERÇA 6x12CM - ESPAÇO GOURMET	M	4.50
PERGOLADO EM MADEIRA, CAIBRO 5x6CM - ESPAÇO GOURMET	M	5.19
PERGOLADO EM MADEIRA, TERÇA 6x12cm - GARAGEM	M	15.00
BANCADAS, LOUÇAS, METAIS E OUTROS		
LAVATÓRIO MARAJÓ CANTO 30x30x15CM, COR: BRANCO	UNID	1
CUBA DE EMBUTIR CERÂMICA OVAL IL65 14x40x30CM - COR: BRANCO	UNID	2
VASO SANITÁRIO COM CAIXA ACOPLADA 3/6L SAÍDA VERTICAL - COR: BRANCO	UNID	3
CUBA EM INOX SIMPLES 40x34x15CM	UNID	1
TANQUE SIMPLES RETANGULAR EM AÇO INOX CROMADO 30L	UNID	1
TORNEIRA PARA PAREDE DE TANQUE E MÁQUINA DE LAVAR BICA BAIXA CROMADO PERTUTTI - DOCOL	UNID	1
TORNEIRA PARA PAREDE DE JARDIM BICA BAIXA CROMADO PRIMOR - DOCOL	UNID	2
TORNEIRA PARA PIA DE BANHEIRO BICA ALTA CROMADA PERTUTTI - DOCOL	UNID	3
TORNEIRA FECHAMENTO AUTOMÁTICO PARA PIA DE BANHEIRO CROMADO PRESSMATIC COMPACT - DOCOL	UNID	3
PISCINA NAAMA COMPACTA 300x180/80CM, INCLUSIVE INSTALAÇÃO	UNID	1
CHURRASQUEIRA DE CONCRETO REFRACTÁRIO 74CM COM COIFA PROFONGADA	UNID	1
COLUNA TORRE EM INOX H: 30CM PARA GUARDA-CORPO DE VIDRO, INCLUSIVE INSTALAÇÃO	UNID	11
TUBO DE INOX ESCOVADO D:4,4CM - FIXADO NA ALVENARIA , INSTALADO A 92CM DO CHÃO - CORRIMÃO, INCLUSIVE INSTALAÇÃO	M	6.55
TUBO DE INOX ESCOVADO D:4,4CM PARA GUARDA-CORPO, INCLUSIVE INSTALAÇÃO	M	4.15
TUBO DE INOX ESCOVADO PARA MONTANTE, D:5CM, H: 110CM - GUARDA-CORPO	M	9.90
TUBO DE INOX ESCOVADO D: 2CM - GUARDA CORPO, INCLUSIVE INSTALAÇÃO	M	29.05
ROSETA DE INOX ESCOVADO D: 4.4CM PARAFUSADO NO PISO PARA FIXAR O GUARDA-CORPO, INCLUSIVE INSTALAÇÃO	PC	9.00
CAIXA D'ÁGUA DE POLIETILENO OU EQUIVALENTE, COM TAMPAS, CAPACIDADE DE 500L, INCLUSIVE TODOS OS ITENS PARA SUA INSTALAÇÃO E FUNCIONALIDADE	UNID	2
BANCADA DE GRANITO BRANCO DALLAS 227.5x40CM, E: 3CM - BANCADA ALTA	UNID	1
BANCADA DE GRANITO BRANCO DALLAS 180x60CM, E: 3CM - COM FURO PARA FOGÃO	UNID	1
BANCADA DE GRANITO BRANCO DALLAS 100x60CM, E: 3CM - COM FURO PARA CUBA EM INOX	UNID	1
BANCADA DE GRANITO BRANCO DALLAS 60x60CM, E: 3CM	UNID	1
BANCADA DE GRANITO BRANCO DALLAS 207.5x60CM, E: 3CM - COM FURO PARA TANQUE DE INOX	UNID	1
BANCADA DE GRANITO BRANCO DALLAS 50x65CM, E: 3CM - COM FURO PARA CUBA	UNID	2
FERRAGENS COMPLETA PARA O BOX	UNID	2
CAIXA D'ÁGUA 500L	UNID	2
PAISAGISMO, URBANISMO E SERVIÇOS COMPLEMENTARES		
PLANTIO DE GRAMA ESMERALDA EM PLACAS, INCLUSIVE TERRA VEGETAL	M2	24.77