

# PERSPECTIVA DE ALCANCE DOS REQUISITOS DO PBE EDIFICA E DO LEED EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR PÚBLICA EXISTENTE

PERSPECTIVA DE ALCANCE DE LOS REQUISITOS DEL PBE EDIFICA Y LEED EN UN EDIFICIO DE ESCUELA PÚBLICA EXISTENTE

PERSPECTIVE OF ACHIEVING THE PBE EDIFICA AND LEED REQUIREMENTS IN AN EXISTING PUBLIC SCHOOL BUILDING

Luiza Araújo Vaz<sup>1</sup>; Raquel Diniz Oliveira<sup>2</sup>; Júlia Cordeiro Vieira<sup>3</sup>.

1. Engenheira de Produção Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). E-mail: luizavaz0@gmail.com

2. PhD, Professora do Departamento de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (DEC/CEFET-MG). E-mail: raqueldiniz@cefetmg.br

3. Engenheira de Produção Civil, Técnica em Edificações e Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGEC/CEFET-MG). E-mail: juliacordeiroengcivil@gmail.com

## PALAVRAS-CHAVE

Certificação de edifícios; LEED; RTQ-C; Custo; Melhoria da classificação.

## PALABRAS CLAVE

*Certificación de edificios; LEED; RTQ-C; Costo; Mejora de clasificación.*

## KEY WORDS

*Building certification; LEED; RTQ-C; Cost; Classification improvement.*

## RESUMO

Diversos regulamentos de eficiência energética e ambiental têm sido aplicados para certificação do patrimônio edificado. Neste trabalho, buscou-se comparar os critérios exigidos em dois referenciais edifícios proeminentes no Brasil: RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicas) e LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), aplicados a uma edificação pública escolar existente. Constatou-se que o atendimento aos pré-requisitos para classificação máxima pelo RTQ-C não é suficiente para possibilitar a certificação mínima pelo LEED. Para tanto, adequações ao edifício seriam necessárias, as quais poderiam acrescer cerca de 2,54% no custo total de construção do edifício. Portanto, este

trabalho mostrou relevância acadêmica, ao incentivar o desenvolvimento de pesquisas científicas acerca da sustentabilidade nas universidades, além de identificar uma solução prática para um problema real. A metodologia pode servir de base para estudos semelhantes.

## RESUMEN

*Se han aplicado varios reglamentos de eficiencia energética y ambiental para la certificación del patrimonio construido. En este trabajo, se buscó comparar los criterios previstos en dos referenciáis de construcción destacados en Brasil, aplicados a un edificio escolar público existente: RTQ-C (Reglamento de Calidad Técnica para el Nivel de Eficiencia Energética de Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos) y LEED. Se encontró que cumplir con los prerequisites para la clasificación máxima por el RTQ-C es insuficiente para habilitar su certificación mínima por LEED. Para eso, sería preciso hacer ajustes en el edificio, lo que podría sumar alrededor de 2,54% al costo total de su construcción. Por lo tanto, este trabajo mostró relevancia académica, al incentivar el desarrollo de investigaciones científicas sobre sustentabilidad en las universidades, además de identificar una solución práctica a un problema real. La metodología sirve de base para estudios similares.*

## ABSTRACT

*Several regulations of energy and environmental efficiency have been applied for the built heritage certification. This study aimed to compare the criteria required by two prominent building codes in Brazil: RTQ-C (Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Commercial, Service and Public Buildings) and LEED applied to an existing public school building. It was found that meeting the prerequisites for maximum classification by the RTQ-C is insufficient to enable LEED's minimum certification. For that, construction adjustment would be necessary, which could add about 2.54% to the cost of construction of the building. Therefore, this study showed academic relevance, by encouraging the development of scientific research on sustainability in universities, and practical contribution, by identifying a solution to a real problem. The methodology serves as a basis for similar studies.*

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015), 85% da população brasileira vive em áreas urbanas. O intenso processo de urbanização carrega inúmeros efeitos negativos ao meio ambiente. Cerca de metade da energia produzida no mundo é consumida nas cidades. Complementarmente, as cidades são responsáveis pela emissão de 75% dos gases de efeito estufa e pela geração de aproximadamente 50% dos resíduos sólidos. Portanto, edificar cidades mais sustentáveis é uma necessidade cada vez mais premente, cuja principal ferramenta consiste no planejamento e projeto de soluções construtivas eficientes.

A eficiência energética em edificações visa garantir o uso consciente de energia, sem afetar o desempenho energético, lumínico, térmico ou acústico previstos ao edifício. A etiquetagem de

edifícios é a principal forma de fomentar políticas de eficiência energética. Tal recurso vem sendo amplamente aplicado em vários países europeus, bem como nos Estados Unidos, Canadá, Japão e Austrália, por meio de regulamentos obrigatórios ou voluntários. Neste contexto, um dos referenciais em destaque é o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que avalia não só o impacto energético como ambiental de edificações (VILHENA, 2007). Nessa tendência, o Brasil conta desde 2003 com o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), processo que originou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para avaliar edificações ou equipamentos, visando reduzir o desperdício de energia (MMA, 2015).

Na iniciativa pública brasileira, mais de 240 edificações já receberam a etiqueta do PBE Edifica em todo território nacional desde 2009 (PBE EDIFICA, 2021). Ademais, estima-se que, desde 2015, o Selo Procel Edificações tenha poupado mais de 29,25 GWh de energia no Brasil, equivalente a uma redução de cerca de R\$ 12,5 milhões em custos de energia e a 2.710 toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> evitadas (PROCEL, 2021). No setor privado, o Brasil ocupa o 5º lugar no *ranking* mundial de construções sustentáveis certificadas pelo LEED, com mais de 700 empreendimentos de diferentes tipologias classificados desde 2007 (GBCB, 2020).

Diante das eminentes e promissoras ferramentas de avaliação edilícia no país, propôs-se, neste estudo, avaliar o impacto que o atendimento à classificação máxima de eficiência energética do PBE Edifica representaria no nível da certificação ambiental LEED. Para isso, caracterizou-se o atendimento de um prédio escolar público, existente, aos requisitos exigidos em ambos os regulamentos, considerando as estratégias para obter a etiqueta A na ENCE. Em seguida, propôs-se novas melhorias ao empreendimento, visando a obtenção do nível mínimo de certificação LEED. Adicionalmente, verificou-se o impacto no custo do edifício pelas adequações propostas.

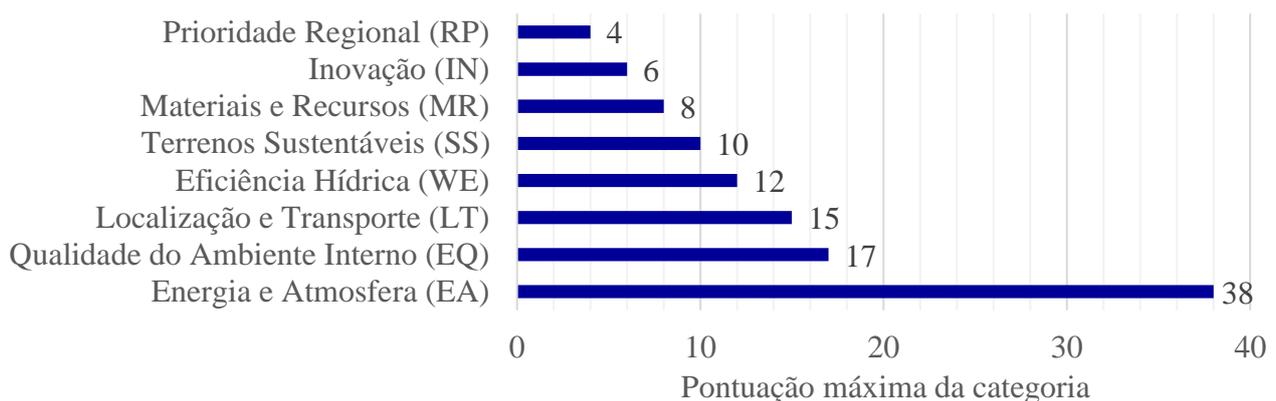
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Notórios são os benefícios propiciados pelas políticas de sustentabilidade e eficiência energética em edificações. Entre eles, estão a transformação da construção civil e da indústria brasileira, ao incentivar o desenvolvimento e uso de equipamentos e sistemas construtivos de alta eficiência, bem como o melhor aproveitamento de recursos naturais, como iluminação e ventilação naturais na edificação (MMA, 2015). Ademais, percebe-se benefícios às condições de saúde, bem-estar e qualidade de vida dos ocupantes de edificações certificadas (MACNAUGHTON *et al.*, 2017).

No Brasil, a partir de 2014, exige-se que edificações públicas federais novas ou que passaram por *retrofit* atinjam classificação de nível A de eficiência energética na ENCE. Para tanto, o RTQ-C apresenta dois métodos de avaliação: prescritivo e/ou de simulação. No método prescritivo, mensura-se a classificação do edifício por meio de equações que fornecem uma pontuação total. Em síntese, o nível de eficiência da edificação é verificado pela avaliação combinada de três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar, que podem variar de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) (BRASIL, 2014). Ainda, foi lançado em 2021 o novo regulamento de avaliação no país, a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

Por outro lado, o LEED foi criado com o intuito de avaliar voluntariamente a edificação, abrangendo aspectos que afetam a sustentabilidade e o ambiente em que está inserida durante o seu ciclo de vida. Várias versões do referencial são disponibilizadas à cada tipologia e fase de projeto. Para edifícios já existentes, existe o LEED O+M (Operação e Manutenção de Edifícios), pelo qual avalia-se o atendimento a pré-requisitos (obrigatórios) e créditos (opcionais), referentes a oito categorias contempladas pelo referencial. Em seguida, calcula-se o resultado total atingido conforme as pontuações máximas disponíveis à cada categoria (Figura 1). São possíveis quatro níveis de certificação: Certificado, Prata, Ouro e Platina, conforme os intervalos de pontos disponíveis no Quadro 1 (USGBC, 2019).

**Figura 1 - Disposição da pontuação do LEED O+M: Schools v.4.**



Fonte: Adaptado de USGBC (2014a).

**Quadro 1 – Níveis de certificação LEED.**

Certificação	Certificado	Prata	Ouro	Platina
Número de Pontos	40 a 49	50 a 59	60 a 79	80 a 110

Fonte: Adaptado de USGBC (2019).

Há muitas oportunidades de estudo quanto ao processo de certificação de edificações. Em Curitiba-PR, Silva e Freitas (2016) avaliaram a classificação ambiental de um prédio escolar federal e propuseram melhorias visando a certificação LEED. Em Dubai, Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2021) verificaram que os custos para adequar escolas aos níveis Certificado, Prata, Ouro e Platinum do LEED poderiam aumentar, respectivamente, em 0,15%, 0,46%, 1,42% e 4,97% no orçamento da reforma. Sob a ótica da Etiqueta do PBE Edifica, em Belo Horizonte-MG, Sá e Oliveira (2019) e Vieira *et al.* (2019) avaliaram a classificação da eficiência energética de prédios escolares públicos pelo método prescritivo do RTQ-C e propuseram melhorias para alcance da etiqueta A na ENCE.

Muitas pesquisas também têm se preocupado em contrapor diferentes referenciais de eficiência energética. Em São Paulo-SP, Passos (2019) comparou os critérios de avaliação dos sistemas LEED e AQUA. Identificaram-se semelhanças na abordagem entre as duas certificações, como as categorias avaliadas. Contudo, observou-se que os diferentes pesos na pontuação dos critérios ocasionaram grandes disparidades nos resultados finais, sendo de 21,8% a 29,6% maior no sistema LEED do que no sistema AQUA. Lima e Rios (2019) também compararam, qualitativamente, ambas as certificações a uma terceira do município de Fortaleza-CE, denominada Fator Verde. Concluiu-se nesse estudo que os processos de certificação AQUA e LEED oferecem maior variedade de categorias de avaliação e maior valor agregado aos imóveis. Por outro lado, uma certificação regional como o Fator Verde é um grande incentivo às práticas locais de eficiência energética na construção. No contexto do PBE Edifica, em Belo Horizonte-MG, Vieira *et al.* (2019) avaliaram comparativamente o método prescritivo do RTQ-C e o seu Novo Método, colocado em consulta pública em 2018. A discrepância entre os seus resultados indicou limitações em ambos os métodos.

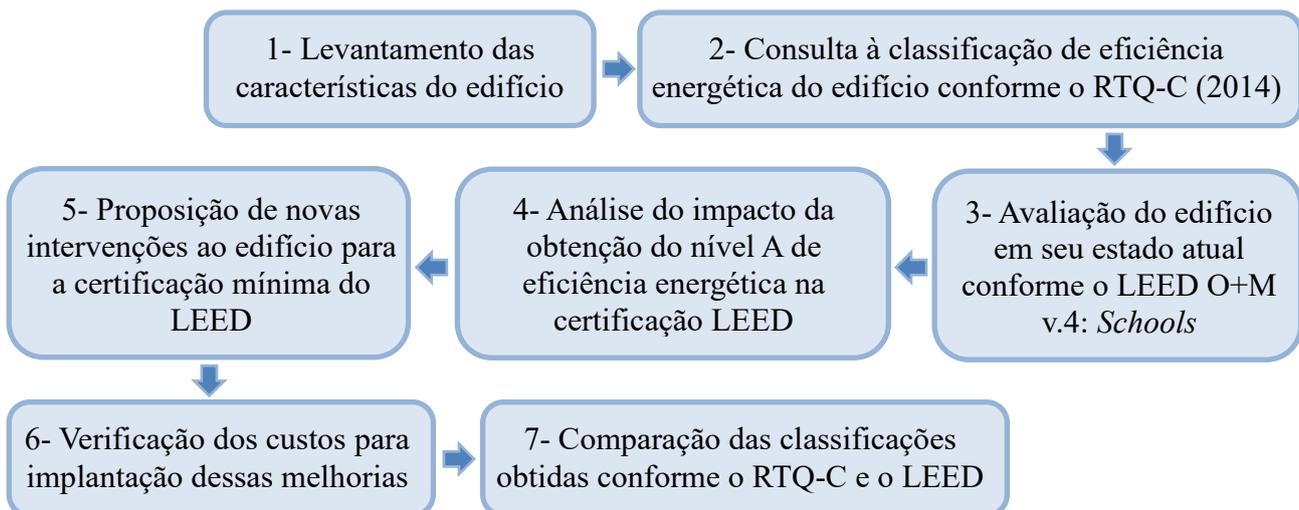
Nesse contexto, verifica-se que pesquisas relacionadas aos referenciais RTQ-C e LEED podem auxiliar no diagnóstico de eficiência energética e sustentabilidade do patrimônio edificado, bem como na formulação de soluções construtivas aplicáveis para a melhoria da sua classificação. Por outro lado, comparar o custo-benefício entre diferentes referenciais edilícios pode auxiliar na tomada de decisões projetuais de um edifício.

### 3 MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia desse trabalho abrangeu sete etapas principais, conforme apresentado na Figura 2. Primeiramente, descreveu-se o edifício avaliado, como suas características construtivas, arquitetônicas, de ocupação e localização. Em seguida, consultou-se o estudo de classificação de

eficiência energética do prédio, realizado por Sá e Oliveira (2019) conforme o método prescritivo do RTQ-C (BRASIL, 2014), bem como suas propostas de melhoria para o alcance do nível A na ENCE pelo edifício. Na sequência, avaliou-se a edificação em seu estado atual conforme a certificação LEED para prédios existentes (O+M), versão 4 (2014b). Com isso, verificou-se se as oportunidades de melhoria pontuadas por Sá e Oliveira (2019) causariam alguma mudança na pontuação até então obtida pelos critérios do LEED. Posteriormente, sugeriram-se novas intervenções ao prédio para aumentar sua pontuação no LEED e atingir o nível Certificado. A partir disso, investigou-se o custo da adequação do prédio, mediante consulta ao custo de insumos e composições de serviços não desonerados para o mês de janeiro de 2021, em Minas Gerais, fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Por fim, comparou-se a nova pontuação obtida no LEED com a suposta classificação A na ENCE e analisaram-se os resultados.

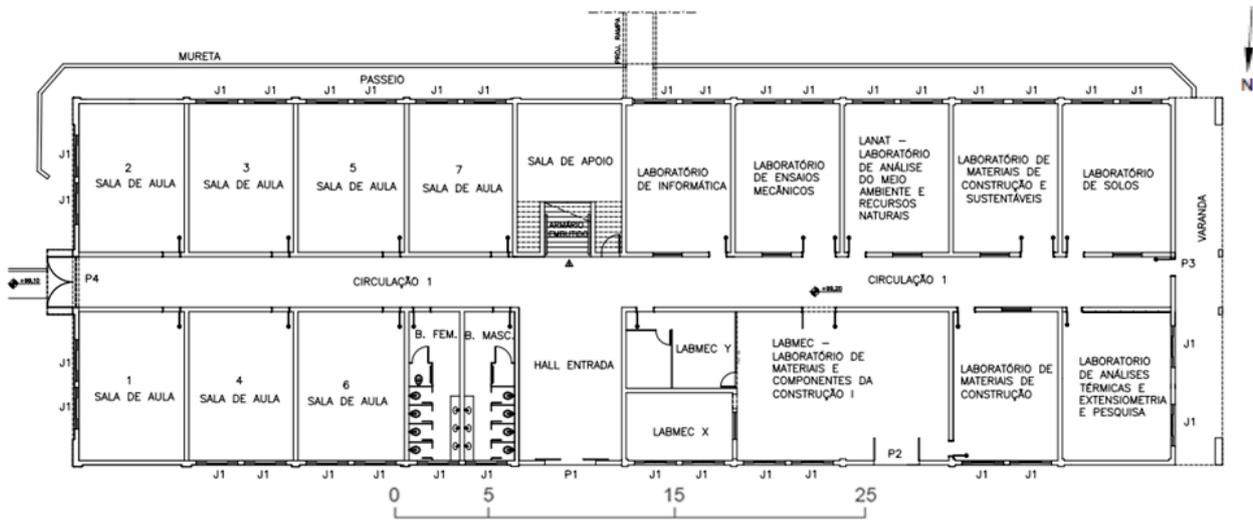
**Figura 2 - Fluxograma das etapas metodológicas.**



### 3.1 Caracterização do estudo de caso

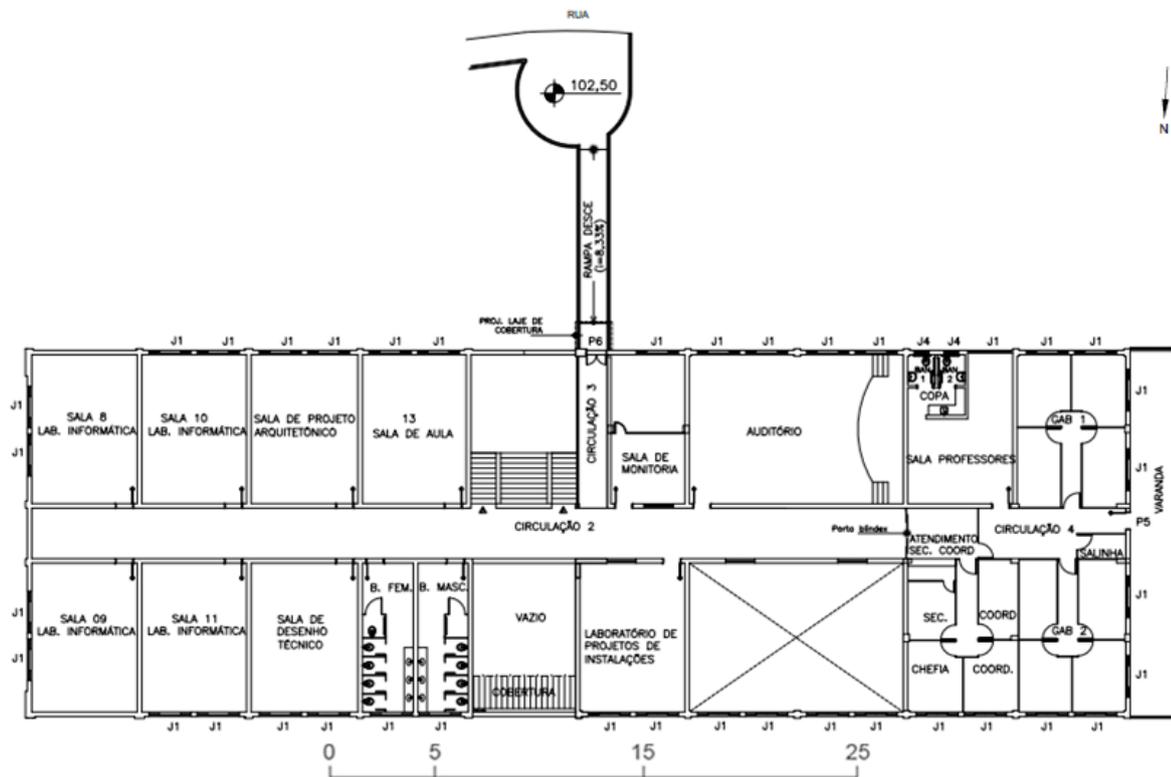
Selecionou-se para estudo de caso o Prédio 12 do CEFET-MG, Campus Nova Gameleira (NG), um edifício escolar público federal, com atividades educacionais e administrativas, localizado em Belo Horizonte-MG. Possui dois pavimentos (Figuras 3 e 4) com área total construída de 2.258,36 m<sup>2</sup>, nos quais estão distribuídos laboratórios de pesquisa e informática, salas de aula, auditório, banheiros e gabinetes administrativos.

Figura 3 - Planta baixa do 1º pavimento do Prédio 12.



Fonte: Adaptado de Sá e Oliveira (2019).

Figura 4 - Planta baixa do 2º pavimento do Prédio 12.



Fonte: Adaptado de Sá e Oliveira (2019).

O prédio foi construído em 2005, com paredes em alvenaria de blocos cerâmicos de vedação e estrutura em concreto armado. Todas as fachadas possuem janelas em vidro de correr, do mesmo tamanho, e porta para circulação de pedestres de tamanhos e materiais variados. A fachada frontal (Figura 5a) é protegida por brises horizontais fixos, enquanto a posterior (Figura 5b) é semienterrada

e possui uma rampa de acesso ao segundo andar. A fachada lateral direita (Figura 6a) possui uma varanda coberta nos dois pavimentos. O prédio é cercado por área gramada e plantas nativas, sobretudo nas fachadas posterior e lateral direita (Figura 6b), sem sistema de irrigação implantado.

**Figura 5 - Fachadas (a) frontal (norte) e (b) posterior (sul) do Prédio 12 - estado atual.**



**Figura 6 - Fachadas laterais (a) esquerda (oeste) e (b) direita (leste) do Prédio 12 - estado atual.**



### 3.2 Caracterização prévia do edifício pelo RTQ-C

Segundo Sá e Oliveira (2019), a envoltória e o sistema de iluminação do Prédio 12 foram inicialmente classificados como A pelo RTQ-C. Contudo, suas classificações caíram para C e B, respectivamente, devido ao não atendimento de pré-requisitos de transmitância térmica da cobertura para ambientes condicionados, absorvância das superfícies e contribuição de luz natural. O sistema de condicionamento de ar obteve classificação C devido ao seu desempenho insuficiente e por não atender ao pré-requisito de isolamento térmico para tubulações. Assim, visando o alcance da classificação A na ENCE pelo edifício, as autoras propuseram as seguintes estratégias de melhoria:

Para a envoltória, sugeriu-se a pintura das paredes externas em cores claras, como branco ou cinza claro, e de textura lisa, com o objetivo de diminuir a absorvência da superfície; ainda, a troca das telhas metálicas da cobertura por telhas termoacústicas, a fim de reduzir a transmitância térmica da cobertura para os ambientes condicionados. Para o sistema de iluminação, recomendou-se a separação do acionamento da fileira de lâmpadas próximas às janelas para o melhor aproveitamento da iluminação natural. Quanto ao sistema de condicionamento de ar, sugeriu-se a troca dos aparelhos por modelos etiquetados com eficiência A pelo INMETRO, além do isolamento térmico das tubulações desse sistema de acordo com o diâmetro de cada aparelho (SÁ; OLIVEIRA, 2019).

Cabe ressaltar que, a partir do estudo de Sá e Oliveira (2019), o Prédio 12 passou por reforma, sendo alteradas as cores das paredes externas (do amarelo ocre para o cinza claro) e dos elementos estruturais (do bordô para o azul marinho), conforme Figura 7. Diante disso, no presente trabalho, mediu-se a nova absorvência à radiação solar das paredes externas em 0,52, conforme método descrito por Sangoi, Ramos e Lamberts (2010), resultando no atendimento ao pré-requisito de absorvência das paredes. Contudo, o prédio ainda não apresenta classificação A na ENCE devido aos demais critérios e pré-requisitos do RTQ-C, citados anteriormente, não atendidos.

**Figura 7 - Paleta de cores utilizadas na pintura do Prédio 12.**



Fonte: Adaptado de Sá e Oliveira (2019) e elaborado pelos autores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item, serão apresentados os resultados da aplicação do regulamento LEED para Operação e Manutenção de Edifícios Existentes ao edifício escolar, bem como da avaliação do investimento necessário para a certificação mínima no LEED.

### 4.1 Requisitos mínimos do regulamento e escopo do projeto

De acordo com o Guia de Referência para Operação e Manutenção de Edifícios Existentes (2019), o edifício a ser avaliado deve estar construído de maneira permanente, em um terreno existente. Diante disso, o Prédio 12 atende a este requisito. O guia também estipula a definição de limites ao projeto, incluindo os terrenos associados ao seu uso e alteração, visando avaliar os impactos que o edifício causa em seu espaço e redondezas. Ademais, o projeto avaliado deve possuir, no mínimo, 93 m<sup>2</sup> de área de grama (USGBC, 2019).

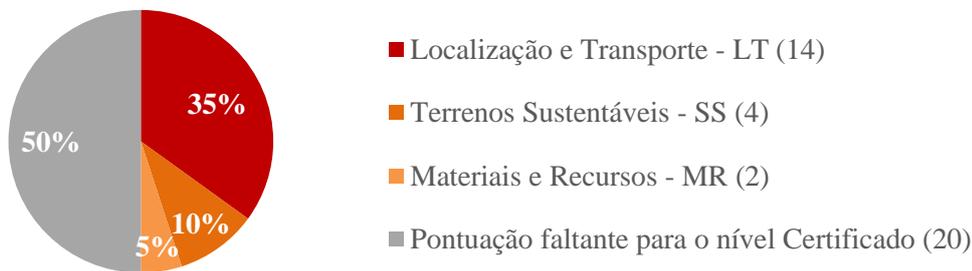
Assim, com o auxílio da ferramenta Google Earth®, definiu-se os limites em torno do Prédio 12 (Figura 8), abrangendo a praça de convivência em frente à fachada frontal, o estacionamento dos professores atrás do edifício e a área verde a oeste, totalizando em 1.305,88 m<sup>2</sup> de área de grama. Nesse limite de contorno, levou-se em consideração as atividades executadas pelos usuários do edifício e seu cotidiano, incluindo as áreas que frequentam durante o período de ocupação do prédio.

**Figura 8 - Escopo do projeto e área de grama.**



#### 4.2 Avaliação do Prédio 12 em seu estado atual pelo LEED O+M v.4: *Schools*

Ao aplicar o *scorecard* do LEED O+M v.4: *Schools* ao Prédio 12 em seu estado atual, verificou-se que a edificação não pôde ser classificada em nenhum dos níveis definidos pelo referencial, visto que obteve apenas 20 pontos na avaliação. A edificação não atendeu a nenhum pré-requisito definido pelo referencial. Além disso, apenas quatro créditos foram atendidos. Tais créditos pertencem a três categorias de avaliação, conforme resumido na Figura 9, as quais estão detalhadas nos itens 4.2.1 a 4.2.3. A partir do tópico 4.2.4, apresenta-se a avaliação das demais categorias definidas pelo referencial, nas quais o Prédio 12 não obteve nenhuma pontuação.

**Figura 9 - Pontuação atual e faltante para o nível certificado.**

#### 4.2.1 Categoria Localização e Transporte - LT

Na categoria LT, o crédito “transporte alternativo” é obtido pela aplicação de uma pesquisa de transporte aos ocupantes a cada cinco anos e, posteriormente, pelo cálculo de uma taxa de transporte alternativo, pontuando conforme as taxas mínimas estabelecidas no referencial (USGBC, 2014b, p. 12). Neste estudo, considerou-se que o Departamento de Transportes (DET) do CEFET-MG realiza tais consultas acerca da mobilidade e mantém uma base de dados atualizada. Para o cálculo da taxa de transporte alternativo, considerou-se que todos os alunos do ensino técnico e 30% dos alunos da graduação se deslocam por meio de ônibus ou van. A partir disso, calculou-se que uma taxa de 68,8% dos ocupantes do Prédio 12 usufruem de transporte alternativo, obtendo-se 14 pontos no crédito.

#### 4.2.2 Categoria Terrenos Sustentáveis - SS

Na categoria SS, é estabelecido o pré-requisito “política de gestão do terreno”, que visa reduzir o uso de produtos químicos nocivos, desperdício de água e energia, dentre outras práticas sustentáveis no terreno no qual a edificação está localizada (USGBC, 2014b). A partir da vivência na Instituição, foi possível considerar que no Prédio 12 não existem tais políticas de gerenciamento do terreno. Portanto, deduziu-se que esse pré-requisito não foi atendido.

Nessa categoria, também são definidos sete créditos: “desenvolvimento do terreno – proteger ou restaurar o habitat”, “redução de ilhas de calor”, “gestão de águas pluviais”, “redução de poluição luminosa”, “gerenciamento do terreno”, “plano de melhoria do terreno” e “uso conjunto das instalações”. Dentre eles, apenas os dois primeiros créditos foram atendidos, obtendo-se 4 pontos no total. No primeiro, obteve-se 2 pontos pelo terreno possuir mais de 465m<sup>2</sup> de vegetação nativa inserida, como mangueiras e palmeiras. Quanto ao segundo crédito, apesar da cobertura do Prédio 12 não possuir telhado verde e nem de alta refletância, obteve-se mais 2 pontos devido à área não coberta

do terreno (3.470 m<sup>2</sup>) compensar a área total impermeável, como de pavimentação (1.635 m<sup>2</sup>) e de telhado (1.250 m<sup>2</sup>), conforme posto na Opção 3 do referencial (USGBC, 2014b, p. 18).

#### 4.2.3 Categoria Materiais e Recursos - MR

Neste item, são definidos dois pré-requisitos: “política de compras e resíduos” e “política de manutenção e reforma das instalações”; e cinco créditos: “compras - em andamento”, “compras – lâmpadas”, “compras – manutenção e reforma das instalações”, “gerenciamento de resíduos sólidos – em andamento” e “gerenciamento de resíduos sólidos – reformas e ampliações das instalações”.

Adotou-se o pré-requisito como não atendido, visto que a compra de insumos para qualquer departamento do CEFET-MG é feita sob licitação, que leva em consideração os preços mais baixos e não necessariamente critérios de sustentabilidade ou preservação ambiental. Já para o segundo pré-requisito, a partir do conhecimento das atividades de rotina da Instituição, não foram observadas políticas de manutenção, conforme estabelecem os créditos de compra do LEED. Além disso, as manutenções e reformas são feitas sob demanda, sem um planejamento prévio. Portanto, considerou-se que o referido critério não foi atendido.

Por fim, foi possível atender a apenas ao último crédito citado da categoria. Já que existe uma política de reaproveitamento dos resíduos provenientes das atividades do laboratório de materiais de construção, foram designados 2 pontos ao crédito.

#### 4.2.4 Categoria Eficiência Hídrica - WE

Na categoria WE, são estabelecidos dois pré-requisitos: “redução do uso de água do interior” e “medição de água do edifício”. Para avaliar seu atendimento, deve-se estimar e comparar o consumo hídrico real do edifício com um consumo de referência definido pelo LEED.

Para o consumo hídrico de referência, primeiramente, foram levantadas as instalações hidráulicas do Prédio 12 conforme seu funcionamento atual. Assim, foram considerados lavatórios, torneiras (automáticas, convencionais e de tanque), bacias sanitárias (com válvulas de descarga de parede), mictórios (com descarga automática) e bebedouros. Na sequência, foram estimadas as horas de uso e número de ocupantes do prédio (alunos, professores, técnicos administrativos e funcionários terceirizados) com base na planta baixa da edificação, em concordância com os horários escolares do ano de 2019 previstos para uma semana típica deste espaço. Por fim, considerando-se as vazões de

cada tipo de dispositivo hidrossanitário definidas pelo referencial LEED (2014), obteve-se um consumo anual médio de referência LEED igual a 362.992,97 litros.

Para avaliar o consumo hídrico real do Prédio 12, por sua vez, verificaram-se as medições mensais realizadas no Campus NG pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) ao longo do ano de 2019. Na sequência, ponderaram-se essas medições em relação às áreas construídas do prédio e do campus, visto que não há aferição individual de água para cada prédio da Instituição. Por fim, estimou-se um consumo hídrico medido de 1.253.982,43 litros para o Prédio 12, valor que representa 345% daquele esperado, de acordo com a baseline estabelecida pelo LEED, não atendendo assim ao primeiro pré-requisito.

Quanto ao segundo pré-requisito, constatou-se um atendimento parcial, visto que, de acordo com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), são realizadas medições do consumo hídrico de todos os prédios do CEFET-MG. Entretanto, o estabelecimento desse pré-requisito se dá por meio da aferição individual de cada edifício, situação essa que não ocorre na Instituição.

Além disso, são definidos quatro créditos na categoria WE: “redução do uso de água do exterior”, “redução do uso de água no interior”, “uso de água de torre de resfriamento” e “medição de água”. Porém, o Prédio 12, em seu estado atual, não atendeu a nenhum desses créditos.

#### 4.2.5 Categoria Energia e Atmosfera - EA

Na categoria EA, deve-se avaliar ao atendimento de quatro pré-requisitos: “melhores práticas de gestão de eficiência energética”, “desempenho mínimo de energia”, “medição de energia do edifício” e “gerenciamento fundamental dos gases refrigerantes”.

Para avaliar o atendimento aos dois primeiros pré-requisitos, a Opção 2 do referencial LEED estabelece que os dados de consumo de energia do terreno do edifício do último ano devem melhorar em 25%, quando comparado aos três anos consecutivos (2014, 2015 e 2016) dos cinco anos anteriores à avaliação (neste estudo, 2019) (USGBC, 2014b, p. 41). Como também não há aferição separada de energia para cada prédio da Instituição, para estimar o consumo elétrico real no Prédio 12, avaliaram-se as medições de energia do Campus NG realizadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) em 2014, 2015 e 2016. Em seguida, estimou-se que o Prédio 12 representa 5% do consumo total de energia do campus, considerando as atividades desenvolvidas no edifício. Contudo, não foi possível obter as medições de energia dos meses de outubro a dezembro de 2016. Mesmo assim,

presume-se pela tendência do padrão de consumo até o mês de setembro (Tabela 1) que não houve redução do consumo em três anos consecutivos, não atendendo assim aos referidos pré-requisitos.

**Tabela 1 – Consumo de energia no Prédio 12.**

Período	Consumo de energia anual (KWh)			Consumo de energia mensal (KWh/m <sup>2</sup> )		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Ano	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Janeiro a setembro	31.258,50	35.343,00	39.749,50	13,84	15,65	17,60
Total no ano	44.761,50	49.864,50	-	19,82	22,08	-

Além disso, o terceiro pré-requisito não foi atendido. De acordo com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), são realizadas medições do consumo de energia de todos os prédios do CEFET-MG. Entretanto, o estabelecimento desse pré-requisito se dá por meio da aferição individual de cada edifício, situação essa que não ocorre na Instituição. O quarto pré-requisito também não foi atendido, visto que todos os 10 aparelhos de ar condicionado utilizam gases refrigerantes à base de hidroclorofluorcarbono (HCFC).

Ademais, são definidos oito créditos na categoria EA: “comissionamento de edifício existente – análise”, “comissionamento de edifício existente – implementação”, “comissionamento contínuo”, “otimizar desempenho energético”, “medição de energia avançada”, “resposta à demanda”, “energia renovável e compensação de carbono” e “gerenciamento avançado de gases refrigerantes”. Contudo, não foi possível atribuir pontuação a nenhum desses créditos, em virtude do não atendimento pelas instalações do Prédio 12.

#### 4.2.6 Categoria Qualidade do ambiente interno - EQ

Na categoria EQ, são definidos três pré-requisitos: “desempenho mínimo da qualidade do ar interior”, “controle ambiental da fumaça e tabaco” e “política de limpeza verde”; além de dez créditos: “programa de gerenciamento da qualidade do ar interior”, “estratégias avançadas de qualidade do ar interior”, “conforto térmico”, “iluminação interna”, “luz natural e vistas de qualidade”, “limpeza verde – avaliação da eficiência de limpeza”, “limpeza verde – produtos e materiais”, “limpeza verde – equipamentos”, “gerenciamento integrado de pragas” e “pesquisa de conforto do ocupante”.

Com relação aos pré-requisitos, nenhum deles é cumprido. Para o primeiro, faz-se necessário que os níveis de qualidade do ar interno do edifício atendam aos critérios estabelecidos pela ASHRAE 62.1 para espaços ventilados mecanicamente, o que não ocorre nos ambientes do Prédio 12. O

segundo pré-requisito demanda que os ambientes possuam sinalização proibindo o fumo e/ou indicando as áreas destinadas para tal prática e, ainda, possuir uma política rígida para não fumar; critérios que não são atendidos. Por fim, quanto ao terceiro pré-requisito, é preciso que a empresa responsável pela limpeza do edifício possua certificação reconhecida de selo de limpeza verde, critério que também não é atendido. No que diz respeito aos créditos para essa categoria, o Prédio 12 não atende a nenhum deles. Logo, não foi considerada nenhuma pontuação nesse quesito.

#### 4.2.7 Categoria Inovação (IN)

Nessa categoria, são solicitados pelo referencial apenas o atendimento aos créditos “inovação” e “profissional acreditado LEED”. A edificação avaliada não atende a nenhum dos requisitos necessários para pontuar nos referidos créditos.

#### 4.2.8 Prioridade Regional (RP)

Visando incentivar ações que abordem prioridades ambientais, de equidade social e de saúde pública, consideradas relevantes à localização geográfica do projeto, o USGBC (2021) identifica seis créditos específicos ao edifício: “resposta à demanda”; “otimizar desempenho energético”; “limpeza verde – equipamentos”; “redução do uso de água do exterior”; “energia renovável e compensação de carbono” e “gestão de águas pluviais”. Pode-se pontuar em apenas 4 desses 6 créditos. Contudo, o Prédio 12 não atendeu a nenhum deles, conforme já detalhado nos itens de suas respectivas categorias.

### 4.3 Nova avaliação do Prédio 12 – considerando as melhorias de eficiência energética pelo LEED O+M v.4: *Schools*

Ao analisar as propostas de melhoria de Sá e Oliveira (2019), inferiu-se que apenas a troca dos aparelhos condicionadores de ar e a reforma no acionamento de luminárias poderiam melhorar a pontuação no LEED. Nesse sentido, a primeira intervenção levaria ao atendimento do pré-requisito “gerenciamento fundamental de gases refrigerantes”, definido na categoria EA, visto que os atuais dispositivos condicionadores de ar utilizam gases refrigerantes à base de hidroclorofluorcarbono (HCFC). Já a segunda intervenção possibilitaria a obtenção de 1 ponto no crédito “iluminação interna”, na categoria EQ. Concluiu-se que, após as adequações necessárias para obtenção da classificação A na etiqueta ENCE, o nível de classificação do Prédio 12, de acordo com o LEED, permaneceria o mesmo. Dessa maneira, ainda seriam necessárias maiores intervenções no edifício para obter a classificação mínima de “Certificado”.

#### 4.4 Proposição de estratégias para obtenção do nível Certificado no LEED

Nesta etapa, levou-se em consideração adequações construtivas mais simples ao edifício e que trariam maiores ganhos para atender aos pré-requisitos do LEED e adquirir, pelo menos, 20 pontos em créditos opcionais. Assim, apresenta-se no Quadro 2 um resumo da nova avaliação do Prédio 12 pelo LEED O+M v4: *Schools*, totalizando em 43 pontos na avaliação.

#### Quadro 2 – Avaliação do Prédio 12 no LEED O+M v4: *Schools* antes e após as sugestões de melhoria.

S		?		N					
<b>LEED v4 para Operações e Manutenção: Escolas (LEED v4 for Operations &amp; Maintenance: Schools)</b> Lista de verificação do projeto									
					Nome do projeto: Prédio 12 - CEFET-MG - Campus II Data: set/2019				
<b>14 0 1 Localização e Transporte 15</b>					<b>2 4 2 Materiais e Recursos 8</b>				
14	0	1	Crédito	Transporte Alternativo	15				
<b>4 1 5 Terrenos Sustentáveis 10</b>					<b>0 4 13 Qualidade do Ambiente Interno 17</b>				
P		Pré-req 1	Obrigatório	Política de Gestão do Terreno	Obrigatório	P		Pré-req 1	Obrigatório
2		Crédito	Desenvolvimento do Terreno - Proteger ou Restaurar Habitat	2		P		Pré-req 2	Obrigatório
2		Crédito	Gestão de Águas Pluviais	2	1	P		Pré-req 3	Obrigatório
2		Crédito	Redução de Ilhas de Calor	2	1		2	Crédito	Programa de Gerenciamento da Qualidade do Ar Interior
1		Crédito	Redução da Poluição Luminosa	1	1		2	Crédito	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior
1		Crédito	Gerenciamento do Terreno	1	1		1	Crédito	Conforto Térmico
1		Crédito	Plano de Melhoria do Terreno	1	1		2	Crédito	Iluminação Interna
1		Crédito	Uso Conjunto das Instalações	1	2		4	Crédito	Luz Natural e Vistas de Qualidade
<b>0 7 5 Eficiência Hídrica 12</b>					<b>0 5 1 Inovação 6</b>				
P		Pré-req 1	Obrigatório	Redução do Uso de Água do Interior	Obrigatório	5		Crédito	Inovação
P		Pré-req 2	Obrigatório	Medição de Água do Edifício	Obrigatório	1		Crédito	Profissional Acreditado LEED
2		Crédito	Redução do Uso de Água do Exterior	2			1	Crédito	
5		Crédito	Redução do Uso de Água do Interior	5					
3		Crédito	Uso de Água de Torre de Resfriamento	3					
2		Crédito	Medição de Água	2					
<b>0 0 38 Energia e Atmosfera 38</b>					<b>0 2 2 Prioridade Regional 4</b>				
P		Pré-req 1	Obrigatório	Melhores Práticas de Gestão de Eficiência Energética	Obrigatório			1	Crédito
P		Pré-req 2	Obrigatório	Desempenho Mínimo de Energia	Obrigatório			1	Crédito
P		Pré-req 3	Obrigatório	Medição de Energia do Edifício	Obrigatório			1	Crédito
S		Pré-req 4	Obrigatório	Gerenciamento Fundamental de Gases Refrigerantes	Obrigatório			1	Crédito
2		Crédito	Comissionamento de Edifício Existente - Análise	2				1	Crédito
2		Crédito	Comissionamento de Edifício Existente - Implementação	2				1	Crédito
3		Crédito	Comissionamento Contínuo	3				1	Crédito
20		Crédito	Otimizar Desempenho Energético	20				1	Crédito
2		Crédito	Medição de Energia Avançada	2				1	Crédito
3		Crédito	Resposta à Demanda	3				1	Crédito
5		Crédito	Energia Renovável e Compensação de Carbono	5				1	Crédito
1		Crédito	Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	1				1	Crédito
<b>20 23 67 TOTAIS</b>					<b>Pontos Possíveis: 110</b>				
Certificado: 40 a 49 pontos, Silver: 50 a 59 pontos, Gold: 60 a 79 pontos, Platinum: Mais de 80 pontos									

Legenda: coluna cinza - pré-requisitos identificados como já cumpridos (S) ou passíveis de serem cumpridos (P) pelas sugestões de melhoria; coluna verde - pontuações atendidas pelo Prédio 12 em seu estado atual; coluna amarela e linhas azuis – pontuação e destaque dos critérios com potencial de serem atendidos, após a aplicação das melhorias propostas; coluna laranja – pontuação remanescente dos critérios que não são passíveis de serem implementados no projeto.

Fonte: Adaptado de USGBC (2014a).

As propostas de melhoria para o prédio estudado foram: substituição dos aparelhos de ar condicionado; instalação de um sistema de irrigação automático para as áreas de grama; adoção de torneiras e descargas mais econômicas; individualização da medição de água e energia; instalação de placas, delimitando as áreas nas quais é ou não permitido fumar; e contratação de uma empresa de

limpeza certificada com selo verde, na qual os instrumentos utilizados sejam sustentáveis e os produtos biodegradáveis.

Adicionalmente às intervenções construtivas, sugere-se a adoção de práticas não onerosas, como: disponibilização do auditório para eventos abertos à sociedade; adoção de rotina de medição dos dispositivos hidráulicos, visando estabelecer uma baseline do consumo da água e sanar eventuais vazamentos ou desperdício; incorporação de pré-requisitos sustentáveis nas licitações de compra dos insumos pela Instituição; e desenvolvimento de linhas de pesquisa com vertentes na sustentabilidade do Prédio 12, tais como mapeamento do consumo de água dos aparelhos, implantação de medidas sustentáveis na rotina dos usuários do edifício e a aplicação de questionários periódicos abordando o conforto dos ocupantes.

#### 4.5 Estimativa de custos para reforma

A partir das intervenções propostas no Prédio 12, estimou-se o valor aproximado a ser investido para a sua reforma e certificação mínima pelo LEED. Considerando a substituição de 18 válvulas de descarga das bacias sanitárias, 10 torneiras dos lavatórios dos banheiros, 23 torneiras de uso nos laboratórios e de uso geral, incluindo a mão de obra necessária, os custos destinados aos reparos hidráulicos totalizariam R\$ 6.431,22. Quanto ao sistema de condicionamento de ar, a compra de 17 novos aparelhos do tipo Split com selo A do PROCEL geraria um custo de R\$ 53.533,00, podendo sofrer alterações devido à necessidade de isolar as tubulações de acordo com seus respectivos diâmetros. Por fim, estimou-se um custo de R\$ 1.556,50 para a instalação de um sistema de irrigação para as áreas de grama, considerando um total de 283 metros de tubulação para drenagem no perímetro da edificação. Assim, os custos totais estimados para implantação das melhorias propostas somaram R\$ 61.520,72.

Porém, vale ressaltar que a certificação LEED é um processo com custo à submissão e análise de documentos comprobatórios. Por exemplo, para certificar um edifício por três anos, com área inferior a 23.000 m<sup>2</sup>, no nível “certificado” (40 pontos), as tarifas resultariam em cerca de US\$ 36.650 (USGBC, 2021), o equivalente a R\$ 200.842,00 (considerando a cotação do dólar de R\$ 5,48 em janeiro de 2021).

Diante disso, os gastos totais pela reforma e pelo processo de registro da certificação junto ao USGBC foram estimados em R\$ 262.362,72 (Tabela 2), o que poderia gerar um acréscimo de em torno de 10,8% no custo de construção do Prédio 12. Cumpre destacar que o valor da construção do

Prédio 12 foi estimado em R\$ 2.418.530,03, com base no valor orçado em 2003 para a obra de sua duplicação e trazido a valor presente para janeiro de 2021, considerando as taxas do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC).

**Tabela 2 – Resumo estimativa de custos das propostas de melhoria.**

Intervenções	Custo com mão de obra
Reforma hidráulica	R\$ 6.431,22
Troca dos aparelhos condicionadores de ar	R\$ 53.533,00
Irrigação das áreas de grama	R\$ 1.556,50
Registro da certificação LEED	R\$ 200.842,00
Total	R\$ 262.362,72

#### 4.6 Discussão

A partir dos resultados desse estudo, é razoável concluir que a certificação LEED possui exigências mais rigorosas e abrange mais critérios para atendimento, com maior foco na sustentabilidade, o que dificulta o acúmulo de bonificações, quando comparada ao RTQ-C. Esse resultado vai de encontro àqueles encontrados por Passos (2019). Essa diferença entre as duas metodologias de análise é realçada quando, mesmo após a implantação das melhorias necessárias para a obtenção da etiqueta A na ENCE, a pontuação LEED permanece baixa para o Prédio 12. Tal constatação é esperada, visto que o RTQ-C possui critérios semelhantes apenas aos avaliados na categoria EA do LEED.

Pode-se inferir, ainda, que o foco para a avaliação do RTQ-C prevalece sobre o edifício já implantado e as suas características construtivas, enquanto o LEED possui critérios de avaliação aplicados a todo o ciclo de vida do prédio e com uma perspectiva de melhores práticas sustentáveis. Diante disso, muitas oportunidades de melhoria no uso e ocupação do edifício não são percebidas, sob a ótica do PBE Edifica, ocasionando em desperdícios, como o uso excessivo de água nas instalações do prédio.

As melhorias propostas para a obtenção do nível Certificado acrescentaram em cerca de 2,54% no valor total da construção do Prédio 12 (sem considerar as taxas de registro de certificação LEED), valor superior ao achado por Elkhapery, Kianmehr e Doczy (2021). Porém, tais autores priorizaram os critérios com menor crédito de implantação, enquanto o presente estudo sugeriu melhorias nos critérios onde se observou maior oportunidade de ganho.

Percebeu-se, ainda, que as adequações para a obtenção do nível mínimo de certificação LEED não são necessariamente dispendiosas, podendo abranger melhorias qualitativas nas rotinas de uso, ocupação e manutenção do edifício. Contudo, devido ao alto preço para registro da certificação, seria mais vantajoso que as propostas de melhoria também abrangessem o atendimento dos pré-requisitos de transmitância térmica da cobertura e contribuição de luz natural, conforme proposto por Silva e Freitas (2016). Dessa forma, o alto valor da reforma também se justificaria pela obtenção da classe A de eficiência energética na ENCE, atualmente obrigatória para prédios federais.

## 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, comparou-se os critérios exigidos em dois sistemas de avaliação de edifícios, RTQ-C e LEED, por meio de um estudo aplicado a uma edificação pública de ensino. A pesquisa foi desenvolvida mediante a análise do estudo de caracterização de eficiência energética do Prédio 12 do CEFET-MG, desenvolvido por Sá e Oliveira (2019), e posterior aplicação do *scorecard* estabelecido pela certificação LEED O+M v4: *Schools*, considerando três situações: (1) o edifício em seu estado atual; (2) a implementação das medidas de eficiência energética propostas por Sá e Oliveira (2019); (3) considerando outras melhorias para a obtenção do nível Certificado pelo LEED. Realizou-se, também, uma estimativa de custos para adaptação e certificação mínima do Prédio 12 pelo LEED.

Constatou-se que as medidas de eficiência energética necessárias para a classificação máxima do Prédio 12 pelo RTQ-C são insuficientes para atingir o menor dos níveis estabelecidos pelo LEED v4. Diante disso, verificaram-se várias possibilidades de melhoria da sustentabilidade, especialmente no consumo hídrico do edifício, visando aumentar sua pontuação para obtenção da certificação mínima no LEED. O incremento no custo de construção do edifício pelas intervenções sugeridas foi estimado em 2,54%, podendo chegar em até 10,8%, em função das taxas de registro de certificação. Por fim, considerando que o nível de eficiência energética do Prédio 12 na ENCE não foi satisfatório, mesmo quando submetido aos critérios do LEED, é inevitável a necessidade de investir em seu *retrofit*.

Diante da indicação dessas intervenções, espera-se que os gestores as considerem na tomada de decisão acerca de atualizações edilícias, buscando implementá-las e, futuramente, atestar seus benefícios por meio de certificação. Para que isso seja possível, torna-se fundamental a realização de estudos da viabilidade econômica dos investimentos no *retrofit*, bem como do custo-benefício de cada uma das categorias definidas pelo LEED, principalmente a Eficiência Hídrica. Por fim, sugere-se que

a classificação energética do Prédio 12 seja reavaliada em seu estado atual e possíveis propostas de melhoria, considerando vigência da INI-C/2021, visando à etiqueta A na ENCE.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CEFET-MG e CAPES pela assistência técnica e financeira para o desenvolvimento deste trabalho. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Finanças 001.

### Contribuições dos autores

Luiza Araújo Vaz: conceituação, metodologia, redação, edição e revisão.

Raquel Diniz Oliveira: conceituação, metodologia, edição, revisão e supervisão.

Júlia Cordeiro Vieira: conceituação, análise formal, validação de resultados, redação, edição e revisão.

### Declaração de conflito de interesses

Não há conflito de interesses.

### REFERÊNCIAS

BRASIL; INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA; ELETROBRAS.

**Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.** Rio de Janeiro, 2014.

ELKHAPERY, B.; KIANMEHR, P.; DOCZY, R. Benefits of retrofitting school buildings in accordance to LEED v4. **Journal of Building Engineering**, v. 33, p. 101798, 2021. DOI: 10.1016/j.job.2020.101798.

GBCB - GREEN BUILDING COUCIL BRASIL. **Anuário 2020.** Certificações LEED, GBC Brasil Casa & Condomínio e GBC Zero Energy. São Paulo: J.J.Carol, 2020.

LIMA, R. S.; RIOS, M. S. S. Análise comparativa entre a certificação fator verde de Fortaleza-CE e demais certificações ambientais. **Revista Tecnologia**, v. 40, n. 2, 2019. DOI: 10.5020/23180730.2019.7850.

MACNAUGHTON, P. *et al.* The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. **Building and Environment**, v.114, p.178-186, 2017. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.11.041.

- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios**. v.1. Brasília. 2015.
- PASSOS, L. S. **A sustentabilidade segundo as certificações do sistema LEED: edifícios corporativos em São Paulo (2007-2017)**. 2019. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019.
- PBE EDIFICA. **Edificações Etiquetadas**. 2021. Disponível em: <https://www.pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados PROCEL 2021**. Ano base 2020. Rio de Janeiro, 2021.
- SÁ, E. M. H. de; OLIVEIRA, R. D. Análise de medidas aplicáveis à edificação pública escolar para obtenção da classificação A na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 2159-2168.
- SANGOI, J.; RAMOS, G.; LAMBERTS, R. Análise das medições de absorvância através do Espectrômetro alta II. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2010. p. 1-9.
- SILVA, R. C. da; FREITAS, L. de S. Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: Estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. **Interações**, Campo Grande, v. 17, n. 4, p. 767-780, 2016. DOI: 10.20435/1984-042X-2016-v.17-n.4(17).
- USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL (Washington). **LEED certification for existing buildings and spaces**. 2021. Disponível em: <https://www.usgbc.org/leed/rating-systems/existing-buildings>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- USGBC (Washington). **LEED v4 for Building Operations and Maintenance Checklist - Portuguese**. LEED version: v4. 2014a. Disponível em: <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-operations-and-maintenance-checklist-portuguese>. Acesso em: 06 fev. 2022.
- USGBC (Washington). **LEED v4 para Operação e Manutenção de Edifícios (LEED v4 for Building Operations and Maintenance)**. Outubro, 2014b. 125p.
- USGBC (Washington). **Reference guide for building operations and maintenance**. LEED v4 Edition. 2019. 586 p.
- VIEIRA, J. C. *et al.* Estudo de classificação da eficiência energética do prédio 20 do CEFET-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 11., 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 2333-2342.

VILHENA, J. M. Diretrizes para a sustentabilidade das edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 2, n. 1, p. 59-78, 2007. DOI: 10.4237/gtp.v2i1.32.