



Análise do Desempenho Térmico de uma Agência Bancária pelo Método Simplificado: estudo de caso

Welbert Fernandes Ferreira Campos; Arthur Santos Silva ^b

^a Aluno de Graduação em Engenharia Civil, welbert.campos@ufms.br

^b Professor Orientador, Doutor em Engenharia Civil, arthur.silva@ufms.br

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO

A eficiência energética e o desempenho térmico em edificações comerciais são questões cruciais, dadas as crescentes demandas por energia e o impacto ambiental associado. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência energética de uma agência bancária em Campo Grande-MS, utilizando o método simplificado da INI-C no âmbito do PBE Edifica. Para esta avaliação foram incluídos os sistemas de envoltória e iluminação, considerando parâmetros como transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar. O método envolveu a avaliação de projetos construtivos, cálculos de cargas térmicas anuais e densidade de potência de iluminação em condições reais e de referência. Para a envoltória, foi observada uma redução de 42,86% na carga térmica, garantindo classificação A. Por sua vez, o sistema de iluminação foi analisado por dois métodos: o Edifício Completo, que obteve classificação B, e o Atividades do Edifício, que alcançou classificação A. Desta forma, os resultados demonstraram que estratégias passivas, como o uso de materiais com propriedades térmicas superiores e controle da radiação solar, foram eficazes em melhorar o desempenho energético. Analisou-se através do benchmarking, um consumo eficiente para tal edificação, ou seja, a etiquetagem e o planejamento energético durante a fase de projeto são essenciais para reduzir o consumo de energia e promover edificações sustentáveis. Neste cenário, as futuras investigações podem explorar a integração de fontes renováveis e tecnologias inteligentes para otimização energética.

Palavras-chave: eficiência energética, desempenho térmico, envoltória, iluminação, Benchmarking, edificação comercial.

1. INTRODUÇÃO

O conforto ambiental tem se tornado cada vez mais preocupante, em conjunto com a eficiência energética, recebendo mais atenção dentro do setor da construção civil. Ademais, fator está diretamente interligado com o bem-estar térmico, visual e acústico.

Diante do aumento do consumo energético associado à climatização de edifícios comerciais. No Brasil, cerca de 51% da energia elétrica é consumida por edificações, sendo que o setor comercial representa 16,5% desse total, principalmente devido ao uso de sistemas de ar-condicionado e iluminação,

Segundo o relatório de Status Global das Edificações e Construção de 2022, o setor de construção civil foi responsável por 34% da demanda de energia no ano de 2022 (UNEP 2022). Além disso, Anuário Estatístico de Energia Elétrica classifica o consumo de energia em oito categorias principais, organizadas de acordo com a finalidade e o tipo de consumidor. Essa divisão permite uma análise

detalhada do uso de energia elétrica no Brasil, auxiliando no planejamento energético e na formulação de políticas públicas. Outro fator relevante é que o consumo de energia por classe cresceu no ano de 2023, em comparação à 2022, em seis das oitos classes, com exceção da iluminação, segundo Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2024), como ilustrado Figura 1. Com isso é notório que persiste um avanço significativo do consumo de eletricidade a cada ano, no qual é necessário analisar e aprimorar a eficiência energética das edificações.

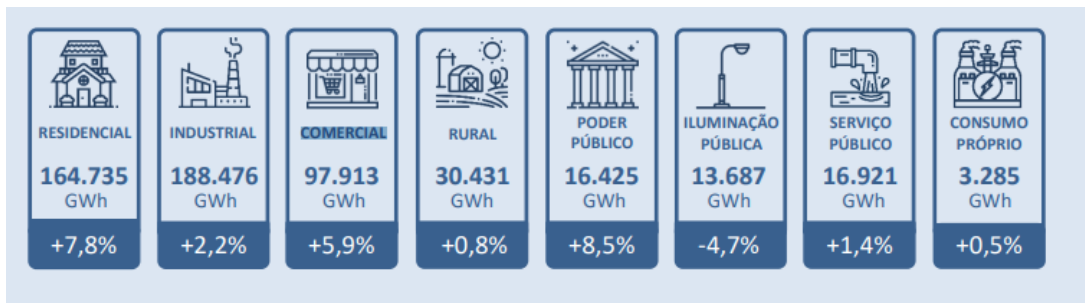
A eficiência da envoltória dos edifícios, que desempenha um papel fundamental no controle térmico, é uma variável crítica para reduzir a carga de resfriamento e o consumo energético. Desta maneira, observa-se que escolhas feitas durante a fase de projeto, como os materiais da envoltória, podem diminuir significativamente as trocas de calor e, conseqüentemente, a necessidade de sistemas de climatização ativos.

Nesse contexto, normas como a Instrução

Normativa INI-C emergem como ferramentas cruciais para a classificação de eficiência energética em edificações comerciais no Brasil. A mesma avalia sistemas de envoltória, iluminação e ar-condicionado, promovendo padrões de desempenho mais sustentáveis. Neste mesmo conceito, em 2009 foi

lançada a primeira versão do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, o RTQ-C (INMETRO, 2014) com objetivo de avaliar a eficiência energética das edificações.

Figura 1: Consumo de energia elétrica e taxa de crescimento por setor em 2023. Fonte: EPE (2024)



As grandes ampliações para cidade, segundo dados do CAGED (2024), Campo Grande-MS apresentou um crescimento quatro vezes maior para o mês de janeiro de 2024 em comparação ao ano anterior. Com isso, tem influência diretamente no setor da construção civil e o seu grande consumo energético.

No Brasil é obrigatória a etiquetagem da eficiência energética desde de 2014, sendo ENCE (Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia). Por outro lado, para edificações privadas, a busca pela etiquetagem ainda é voluntária. Ressalta-se que o INMETRO tem responsabilidade no estabelecimento de programas de avaliação de conformidade de desempenho energético de acordo com a Lei no. 10.295 estabelecida em 17 de outubro de 2001.

Para entender a avaliação da envoltória da edificação, é necessário conhecer as diversas propriedades dos materiais envolvidos nos sistemas construtivos, tais como a absorvância solar, transmitância térmica, capacidade térmica, entre outros.

Um dos grandes desafios enfrentados pela construção civil é a emissão de gases poluentes, o que representa uma preocupação global devido ao impacto ambiental. Durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2023 (COP28), foi estabelecido um acordo para promover a transição energética dos combustíveis fósseis. Nesse contexto, surgiu a iniciativa “Building Breakthrough”, liderada pelos governos da França e Marrocos, em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Com objetivo principal é alcançar emissões quase nulas até 2030, além de desenvolver edificações mais resilientes às mudanças climáticas.

O objetivo deste estudo é avaliar a eficiência

energética de uma edificação do tipo agência bancária, em sistemas parciais da envoltória e iluminação, usando o método simplificado da INI-C no âmbito do PBE Edifica. Nesse contexto, apresentar aos engenheiros reponsáveis pela rede de bancária, identificando as características e resultados obtidos da edificação, com intuito de evoluções no conforto térmico aos consumidores dessa agência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Eficiência Energética em edificações comerciais

Aprimorar a eficiência energética em edificações comerciais é um objetivo fundamental para reduzir os impactos ambientais e os custos operacionais. A implementação de sistemas sustentáveis, como o uso de materiais de baixo impacto ambiental, sistemas de iluminação eficientes e condicionamento de ar otimizados, contribui para a redução do consumo de energia (Lamberts et al., 2016).

A etiquetagem de eficiência energética, conforme INI-C, classifica as edificações comerciais com base no seu desempenho em relação ao consumo de energia e ao conforto térmico. No enfoque para adoção de práticas como o uso de fontes renováveis de energia, a integração de sistemas de climatização eficientes e o gerenciamento de consumo energético são fundamentais para atingir altos índices de eficiência e reduzir a pegada de carbono das edificações comerciais.

2.2. Fatores que influenciam no desempenho térmico das edificações

O desempenho térmico das edificações depende de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos, que afetam diretamente o conforto térmico dos usuários. Neste contexto, os elementos mais relevantes estão as propriedades termofísicas dos materiais, como

transmitância térmica, capacidade térmica e emissividade, que influenciam a troca de calor entre o ambiente interno e externo (Lamberts et al., 2014).

As características climáticas do local também são determinantes, as quais por sua vez influenciam na escolha de estratégias bioclimáticas e no design da edificação. De acordo com estudos edificações localizadas em climas quentes e úmidos, como grande parte do Brasil, no qual para Cidade de Campo Grande (MS) está localizada na zona bioclimática 6, demandam medidas específicas, como a maximização da ventilação natural e o uso de materiais com alta refletância térmica (Jentsch; James; Bahaj, 2012).

A cor de uma fachada exerce grande influência no desempenho térmico de uma edificação devido ao seu coeficiente de absorvância solar, que determina a quantidade de radiação solar absorvida pela superfície. Cores mais escuras têm alta absorvância, absorvendo mais calor, enquanto cores claras refletem a radiação, contribuindo para uma temperatura interna mais amena. Essa característica é detalhada no Catálogo de Propriedades do RAC da INI-C (Figura 2), que apresenta parâmetros entre as cores. Essas variáveis são fundamentais para projetar edificações mais eficientes e sustentáveis.

Figura 2: Catálogo de propriedades térmicas.
Fonte: Manual RAC, 2022

NÚMERO	COR	NOME	α
01		Amarelo Antigo	51,4
02		Amarelo Terra	64,3
03		Areia	44,9
04		Azul	73,3
05		Azul Imperial	66,9
06		Branco	15,8
07		Branco Gelo	37,2
08		Camurça	57,4
09		Concreto	74,5
10		Flamingo	49,5
11		Jade	52,3
12		Marfim	33,6
13		Palha	36,7
14		Pérola	33,0
15		Pêssego	42,8
16		Tabaco	78,1
17		Terracota	64,6

A Instrução Normativa Inmetro - Comerciais (INI-C) apresenta critérios para avaliar o desempenho térmico da envoltória, promovendo o uso de soluções que reduzam a demanda por climatização artificial e melhorem a eficiência energética geral.

Dessa forma, é realizada uma comparação entre o desempenho da edificação em condição real e uma referência padrão, condição de nível D, com base em características construtivas e climáticas locais. Essa abordagem permite identificar o potencial de otimização em sistemas construtivos e sua integração com o ambiente externo.

O clima regional influencia diretamente nas estratégias construtivas. No Brasil, com uma grande diversidade climática, a INI-C utiliza grupos climáticos específicos para ajustar as exigências normativas, considerando fatores como insolação e ventilação. Essa adaptação garante que as edificações sejam projetadas para equilibrar conforto térmico e eficiência energética, mesmo em condições adversas (Roriz, 2014).

2.3. Influência dos fechamentos no desempenho térmico da edificação

Os fechamentos representam um dos principais elementos que influenciam diretamente no conforto térmico em edificações, pois regulam o fluxo de calor e luz que entra nos ambientes. Analisando a edificação em questão, só há aberturas translúcidas na fachada principal (Figura 3), com um grande percentual de abertura, fatores que posteriormente para parâmetros de cálculos tem de ser significativos. Por sua vez, fechamentos opacos, como paredes e coberturas, têm suas propriedades determinadas pela condutividade térmica dos materiais utilizados, enquanto os translúcidos, como janelas, são avaliados com base na transmissão de radiação solar (Liz et al., 2016).

Outro fator a ser considerado na escolha de materiais e design dos fechamentos também pode influenciar o conforto acústico, sendo assim, crucial para deficientes visuais que dependem de sinais sonoros. O uso de materiais isolantes em paredes e pisos contribuem simultaneamente para o desempenho térmico e auditivo da edificação (Gomes, 2015).

No contexto da acessibilidade para deficientes visuais, os fechamentos devem ser projetados para equilibrar conforto térmico e iluminação natural adequada. As janelas equipadas com proteções solares, como brises e películas de controle solar, são essenciais para melhorar o desempenho térmico das edificações. Elas permitem reduzir a entrada de calor sem comprometer a iluminação natural, contribuindo para o conforto interno e a eficiência energética dos ambientes (CBIC, 2024; Cidade Sustentável, 2023). A NBR 15575: Edificações Habitacionais — Desempenho, apesar de voltada para edificações residenciais, destaca a importância do isolamento térmico em paredes e coberturas, além de recomendar materiais com propriedades específicas para minimizar a transmissão de calor.

A INI-C destaca a importância de projetar a envoltória com materiais que minimizem as trocas térmicas indesejadas, promovendo um melhor desempenho em termos de isolamento e eficiência no

uso de energia. Ademais, INI-C sugere estratégias que equilibram iluminação natural e conforto térmico, reduzindo a dependência de sistemas artificiais.

Os fechamentos translúcidos devem atender ao coeficiente de sombreamento e ao fator solar definidos, evitando ganhos excessivos de calor sem comprometer a iluminação natural, essencial para a orientação de deficientes visuais. Os demais parâmetros, como paredes e coberturas com propriedades isolantes, como baixa condutividade térmica, ajudam a reduzir o consumo de energia para climatização. Esses elementos são avaliados na INI-C com base em critérios de transmitância térmica e resistência térmica.

2.4. Geometria Solar

Para o dimensionamento de sistemas de sombreamento e o controle da radiação solar que entra nos edifícios é essencial o uso de diagramas solares, nos quais obtém-se o cálculo da trajetória do sol ao longo do dia através das estações do ano. Além disso, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) recomenda o uso de dispositivos como brises e sombreamentos para controlar a quantidade de radiação direta que atinge as superfícies envidraçadas.

Os diagramas solares ajudam no posicionamento das aberturas e elementos de fachada, evitando o ganho excessivo de calor nos meses mais quentes e permitindo a captura de radiação solar nos meses de inverno para aquecimento passivo. Em edifícios comerciais e de serviços, esses elementos são cruciais para a eficiência energética e o conforto dos ocupantes.

2.4. Benchmarking de Consumo de Energia

Desde 2013, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) tem se dedicado ao desenvolvimento de benchmarks de consumo de energia para edificações, abrangendo edifícios corporativos e prédios públicos. Essa iniciativa ganhou destaque com o convênio de cooperação realizado entre o CBCS e a ELETROBRAS, no período de 2018 a 2021, dentro do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Como resultado, foram estabelecidos benchmarks de energia para 15 diferentes tipologias de edificações (CBCS, [s.d.]).

Os benchmarks de energia desenvolvidos têm como objetivo possibilitar avaliações de desempenho de edificações em nível nacional. Essa ferramenta permite a comparação do consumo energético das edificações com padrões típicos do mercado brasileiro, facilitando a identificação de oportunidades de melhoria, a definição de prioridades para reformas

e até mesmo o reconhecimento de desempenhos exemplares (CBCS, [s.d.]).

3. MÉTODO

Este trabalho é um estudo de caso, no qual a presente edificação está em fase de execução, sendo uma edificação comercial bancária, Agência do Sicredi, localizadas Av. Afonso Pena, próximo ao centro da cidade de Campo Grande-MS, tem a data prevista de inauguração em janeiro de 2025. De acordo com a classificação climática a Portaria da INI-C a cidade em questão está na Zona Bioclimática 6.

3.1. Descrição da edificação

A edificação apresenta apenas um pavimento, com divisões internas de vidros, drywall e alvenaria convencional, como apresentado na Figura 3. Sendo que os parâmetros utilizados para envoltória foram obtidos através dos projetos da edificação, entretanto para variáveis não disponibilizadas via projeto, foram utilizados valores de referência como estão presentes no anexo da tabela A.1.

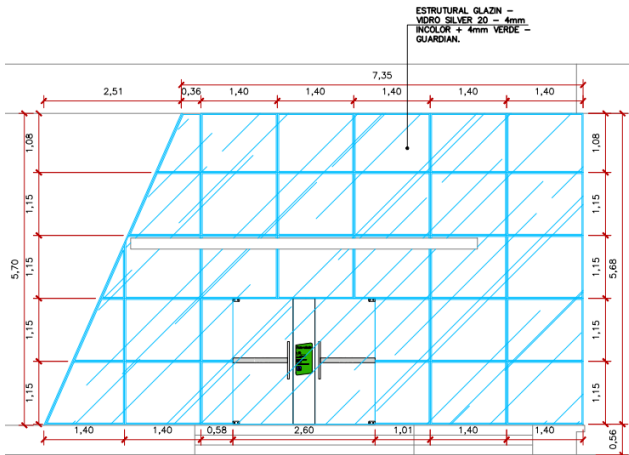
Figura 3: Representação fachada. Fonte: Autor



A agência em questão apresenta um total de área construída de 465,69 m², contemplada em um terreno de 1070,41 m². O sistema estrutural adotado é composto de elementos estruturais em concreto armado e estruturas metálicas de cobertura. Os elementos estruturais em concreto armado são constituídos por pilares, vigas e fundações, pilares e vigas moldados in loco de acordo com o especificado em projeto. Ademais, em seu interior possui paredes de gesso e alvenaria, forro, vidros internos, em seu exterior apresenta em sua fachada envidraçada, contemplando vidro temperado com duas camadas com 4mm incolor + 4 mm verde – Guardian, não apresentando espaço de ar entre eles. (Figura 4) O mesmo é estruturado por uma estrutura Glazing, é um sistema em que o vidro é colado com silicone estrutural nos perfis dos quadros de alumínio do sistema de fachada, ficando a estrutura oculta, na face

interna. Como também, parte da fachada é revestida com Rodin Corten 0,60 x 1,20 m – Eliane.

Figura 4: Vidro Fachada principal Fonte: Autor



Como apresentado nesta edificação, segundo as Figuras 4 e 5, respectivamente foram possíveis identificar alguns elementos na fachada, tais como duas marquises.

Figura 5: Representação maquise, em corte. Fonte: Autor

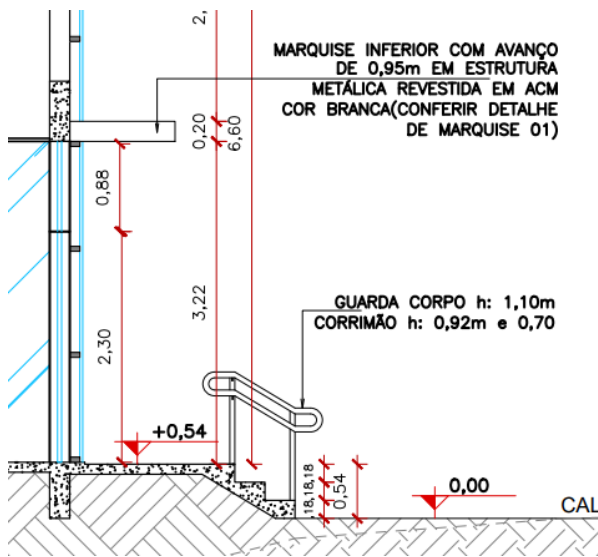
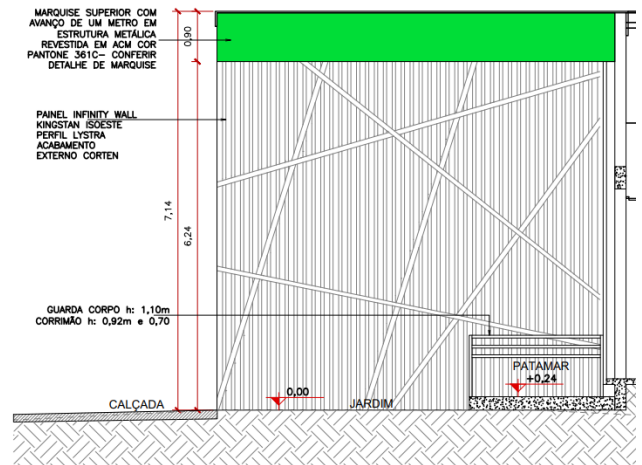


Figura 6 - Representação da marquise, em corte. Fonte: Autor



Para os valores de transmitância térmica, capacidade térmica, fator solar e capacidade térmica foi utilizado a calculadora de propriedades da Projeteer em seu site do Projeto Edificações Energeticamente Eficientes (MME, [s.d.]). Como exemplo o vidro presente na fachada, Vidro laminado com incolor 8mm | Guardian Silver 20 green, valores ilustrados na Tabela 1.

Tabela 1: Representação fachada. Fonte: Autor

Materiais	Transmitância térmica	Capacidade térmica	Fator solar
Vidro laminado com incolor 8mm - Guardian Silver 20 green	5,67	NA	0,29
Argamassa interna e externa 2,5 cm Bloco cerâmico 14x19x29cm	1,83	161	NA
Telha metálica com poliestireno, camarã de ar >5cm e forro de gesso	0,7	50,3	NA
Contra piso e piso cerâmico	3,2	222,1	NA

Para as demais fachadas apenas com revestimento foram considerados valores distintos, devido não possuir revestimento cerâmico, apenas pintura branco gelo, com valor absorvância adotado de 37,2% (Manual RAC Catálogo de Propriedades Térmicas)

3.2. Avaliação da envoltória

Este presente trabalho foi feito de acordo com o Manual INI-C Método Simplificado, o qual será detalhado nos subitens a seguir.

3.2.1. Parâmetros da edificação

Diante deste método apresentado para a determinação do consumo energético dos sistemas individuais inerentes às edificações comerciais é

necessário atender limites para poder prosseguir os cálculos, no qual está na tabela disponibilizada no Manual INI-C, tabela 6.1. Com o método presente realizou-se avaliação para edificação real, com as características reais do projeto e parâmetros da edificação referência, com dados disponibilizados pelo próprio manual, no qual é especificado para cada tipologia da edificação.

Com decorrência das condições estabelecidas, é possível iniciar o cálculo para encontrar o desempenho térmico empenhado pela edificação. É feito o cálculo da carga térmica anual (CgTT), no qual utiliza-se a edificação na sua condição real (CgTTreal) e condição de referência (CgTTrefD), para a mesa a carga térmica total (CgTTrefD). Para especificação climática do metamodelo, diante da representação dos grupos climáticos, é feita conforme classificação da interface web, disponibilizada pelo PBE edifica.

3.2.2. Definição da tipologia e zonas térmicas

A edificação foi classificada como um escritório, considerando que a maior parte de sua utilização se destina a essa função. Com base nessa tipologia, foram adotados os parâmetros necessários para determinar a carga térmica total anual de refrigeração. Para isso, foram utilizados os valores de referência para edificações de escritório, conforme especificado na tabela A.1 do anexo A da Portaria INI-C (2022).

Para a avaliação da edificação, utiliza-se a divisão em zonas térmicas, que consiste na separação interna com base em sua área e diversos parâmetros, tais como: a) tipologia da edificação; b) tipo e/ou especificações técnicas do sistema de condicionamento de ar; c) pé-direito da edificação; d) presença de espaços com pisos em contato com o solo, isolados ou em contato com o exterior; e e) espaços com cobertura em contato com o exterior. O presente estudo não considerou zonas que não são condicionadas diretamente, e apenas ambientes de permanência prolongada (APP), desconsiderado os ambientes de permanência transitória (APT).

Foram consideradas para as divisões das zonas, as áreas perimetrais e os espaços internos, de acordo com a Figura 7, sendo que as zonas térmicas perimetrais limitadas em espaços de 4,50 m de profundidade (tolerância de até 1,00 m; por exemplo,

profundidades até 5,50 m) com relação à face interna da parede externa. A área de cada zona térmica perimetral corresponde a área que se encontra a 4,50 m de profundidade em relação à face interna da parede externa, não descontadas as áreas ocupadas pelas paredes dos ambientes internos.

Figura 7: Exemplificação divisão das zonas.

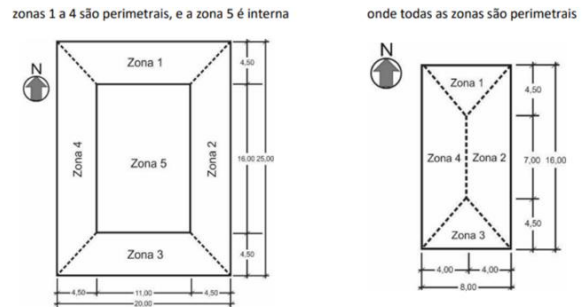
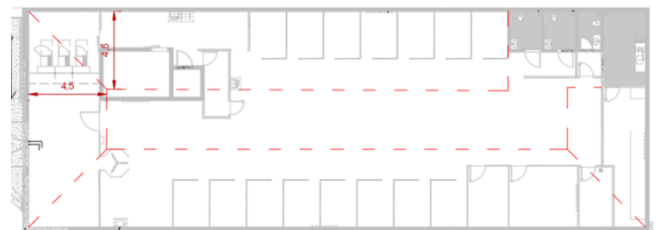


Figura 8: Divisão das zonas térmicas. Fonte: Autor

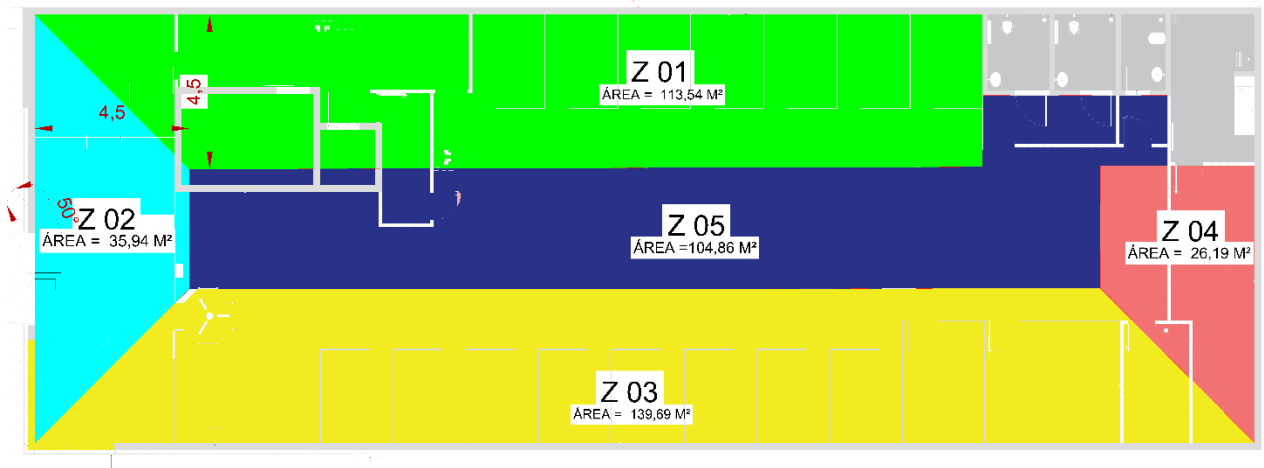


Para a edificação em questão, a divisão inicial é apresentada na Figura 8, enquanto a divisão final é ilustrada na Figura 9. A distribuição das áreas para cada zona térmica, bem como suas respectivas orientações solares, está detalhada na Tabela 2:

Tabela 2: Parâmetros zonas térmicas. Fonte: Autor

Zona Térmica	Área (m ²)	Tipo de zona	Orientação solar	Pé-direito
Zona 01	113,54	Perimetral	NE	3,12
Zona 02	35,94	Perimetral	NO	3,20
Zona 03	139,69	Perimetral	SE	3,12
Zona 04	26,19	Perimetral	SO	3,20
Zona 05	104,86	Interna	-	3,12

Figura 9: Divisão das zonas térmicas. Fonte: Autor



3.2.3. Área de abertura de fachada (PAF%)

O PAF (Proporção de Aberturas em Fachadas) é definido como a razão entre a área dos elementos transparentes de uma zona térmica e a área total das paredes dessa mesma zona. Para esta edificação, constatou-se que a Zona 02 apresenta um PAF de 52,96%, enquanto a Zona 03 possui um PAF de 5,32%. As demais zonas térmicas não possuem aberturas.

3.2.4. Ângulos de sombreamento

Outro fator para edificação são os ângulos, verticais, horizontais, como projeto não contempla abertura de janelas, apenas porta principal de entrada, notou-se os seguintes ângulos as zonas térmicas Z02 e Z03 possuem AVS (ângulo vertical de sombreamento) equivalente a 16° e 10°. E AHS (ângulo horizontal de sombreamento) de 39° para zona Z02.

3.2.5. Carga Térmica Total

Diante dos parâmetros atribuídos pelo projeto, utilizou-se a plataforma da interface web metamodelo (CB3E, 2023) da INI-C para obter os valores de densidade para cada uma das zonas térmicas, para o preenchimento da interface, contendo a obtenção dos valores reais e para o modelo de referência. Sendo assim, para obtenção dos valores, foram preenchidos conforme as tabelas 3 e 4, respectivamente para condição real, e condição de referência.

Tabela 3: Dados de entrada na interface condição real. Fonte: Autor

Características	Condição real				
	Zona 01	Zona 02	Zona 03	Zona 04	Zona 05
Área (m ²)	113,54	35,94	139,69	26,19	104,86
Contato solo?	sim	sim	sim	sim	sim
Sobre pilotis?	não	não	não	não	não
Isolamento no piso?	não	não	não	não	não
Cobertura exposta?	sim	sim	sim	sim	sim
Tipo de zona	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna
Orientação solar	NE	NO	SE	SO	
DPE	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
DPI	8,65	8,65	8,65	8,65	8,65
FS	NA	0,29	0,29	NA	NA
Transmitância do vidro	NA	5,67	5,67	NA	NA
Absortância da cobertura	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Absortância da parede	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Pé-direito	3,12	3,20	3,12	3,20	3,12
PAF	0	0,52	0,05	0	0
AHS	0	39	0	0	0
AVS	0	16	10	0	0
AOV	0	0	0	0	0
Horas de ocupação	10	10	10	10	10
Transmitância da cobertura	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Transmitância da parede	2	1,83	1,83	1,83	NA
Capacidade térmica da cobertura	50,3	50,3	50,3	50,3	50,3
Capacidade térmica da parede	161	116,3	161	161	NA

Tabela 4: Dados de entrada na interface condição referência. Fonte: Autor

Características	Condição referência				
	Zona 01	Zona 02	Zona 03	Zona 04	Zona 05
Área (m ²)	113,54	35,94	139,69	26,19	104,86
Contato solo?	sim	sim	sim	sim	sim
Sobre pilotis?	não	não	não	não	não
Isolamento no piso?	não	não	não	não	não
Cobertura exposta?	sim	sim	sim	sim	sim
Tipo de zona	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna
Orientação solar	NE	NO	SE	SO	
DPE	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
DPI	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1
FS	0,82	0,82	0,82	0,82	NA
Transmitância do vidro	5,7	5,7	5,7	5,7	NA
Absortância da cobertura	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Absortância da parede	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Pé-direito	3,12	3,20	3,12	3,20	3,12
PAF	0,5	0,5	0,5	0,5	0
AHS	0	0	0	0	0
AVS	0	0	0	0	0
AOV	0	0	0	0	0
Horas de ocupação	10	10	10	10	10
Transmitância da cobertura	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
Transmitância da parede	2,39	2,39	2,39	2,39	NA
Capacidade térmica da cobertura	233	233	233	233	233
Capacidade térmica da parede	150	150	150	150	NA

A partir dos valores obtidos da interface web em kWh/m².ano,

$$CgTT = \sum DCgT \times \text{Área}_{ZT} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$CgTR$ é a carga térmica total para refrigeração (kWh/ano);

$DCgTR$ é a densidade de carga térmica de cada uma das zonas de análise (kWh/m²*ano);

Área_{ZT} é a área de cada uma das zonas térmicas de análise (m²);

3.2.6. Definição limites para classificação da envoltória

A análise da envoltória da edificação ocorre em dois contextos distintos, sendo assim, primeiro reflete as características reais da edificação, denominado condição real, e outro baseado nas especificações de referência descritas nas Tabelas 3 e 4. A definição da escala de classificação da envoltória considera as cargas térmicas anuais totais em ambos os cenários. Foram inicialmente o fator de forma (FF) da edificação, conforme ilustrado na Equação 2.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad \text{Equação 2}$$

FF é o fator de forma da edificação;

A_{env} é a área da envoltória (m²);

V_{tot} é o volume total construída da edificação (m³).

Para determinar o coeficiente de redução da carga térmica total anual, que varia da classe D à classe A (CRCTD-A), são considerados o fator de forma, a tipologia da edificação e o grupo climático em que esta se encontra. Esse coeficiente pode ser consultado na Tabela 8.12 da Portaria INI-C (2022), aplicável a edificações destinadas a escritórios. Além disso, foi calculado o intervalo necessário para classificar a envoltória da edificação, utilizando a Equação 3, com variação de A a D.

$$i = \frac{100 \times CRCgTT_{D-A}}{3} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

i é o valor calculado que representa o intervalo entre as classes, em %;

$CRCgTT_{D-A}$ é o coeficiente de redução de carga térmica anual da classe D para a classe A.

Com a determinação da carga térmica total anual da edificação real e na condição de referência, calcula-se o percentual de redução de carga térmica total anual

da envoltória com a seguinte equação 4:

$$RedCgTT = \frac{CgTT_{refD} - CgTT_{real}}{CgTT_{refD}} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$RedCgTT$ é o percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (%);

$CgTT_{refD}$ é a carga térmica total anual da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

$CgTT_{real}$ é a carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano).

3.3. Avaliação do Sistema de iluminação

Diante do método simplificado, são apresentados dois métodos para a avaliação do sistema de iluminação, ambos utilizando o modelo de real e referência. Neste trabalho foram executados ambos. O primeiro é denominado método do edifício completo, o qual é mais simples para efeitos de análise, pois agrupa funções secundárias e principais nos ambientes, e é empregável aos edifícios com, no máximo, três atividades principais distintas, cada uma representando no mínimo 30% da área da edificação completa. No entanto, o segundo é o Método das Atividades do Edifício, sendo que permite maior flexibilidade por se estabelecer densidades de potência para cada uma das atividades separadamente. O método da potência ajustada, utilizado em conjunto com o método das atividades, possibilita uma adaptação na densidade de potência limite para ambientes que tenham necessidades específicas de iluminação.

3.3.1. Método do Edifício Completo

Notou-se que os limites para avaliação deste método são de acordo com a tipologia que se encontra a edificação, sendo assim, a partir da tabela 5. Para o cálculo das potências de iluminação limite, definiram-se as DPIs limites dos respectivos níveis de eficiência A e D para a tipologia de escritório como definidas anteriormente.

Tabela 5: Limites máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI) referência. Fonte: Portaria 309, INI-C, 2022.

Função do edifício	DPI, Classif. A (W/m²)	DPI, Classif. D (W/m²)
Academia	7,0	13,8
Armazém	5,2	10,3
Biblioteca	8,4	18,4
Bombeiros	5,7	11,0
Centro de convenções	8,7	16,8
Cinema	8,9	12,9
Comércio	11,4	21,9
Correios	7,2	13,6
Venda e locação de veículos	7,6	12,8
Escola/universidade	8,7	15,5
Escritório	8,5	14,1
Estádio de esportes	9,4	12,2
Garagem – edifício garagem	1,6	3,9
Ginásio	7,3	15,7
Hospedagem, dormitório	6,6	9,6
Hospital	11,3	18,9

Com base nos limites estabelecidos, foram calculadas as potências máximas permitidas utilizando a Equação 5. Para isso, determinou-se a área iluminada (AI) da edificação para cada uma das atividades previstas, assim como a densidade de potência limite correspondente.

$$P_l = A_l * DPI_l \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

P_l é a potência limite;

A_l é a área iluminada;

DPI_l é a densidade de potência limite.

A potência de iluminação em uso foi calculada como a soma das potências em uso de cada ambiente da edificação. Para isso, foram contabilizadas todas as iluminações presentes na agência, conforme demonstrado na Tabela 6. O somatório final foi utilizado na Equação 6 para calcular o consumo total do sistema de iluminação, expresso em kW/ano. O cálculo considerou os parâmetros apresentados na tabela, incluindo o número de horas de uso diário da edificação e a quantidade de dias de operação ao longo do ano.

Tabela 6: Quantificação lâmpadas edificação. Fonte: Autor

Ambiente	Lâmpada [W]	Quantidade	Total por ambiente [W]	Total [W]
Copa	24	3	72	72
Sala de descompressão	24	4	96	96
Lavabo	24	1	24	24
WC MASC	24	1	24	24
WC FEM	24	1	24	24
Arquivo	24	2	48	48
Reunião	24	6	144	144
Reunião	50	1	50	50
Reunião	5	4	20	20
GA	24	6	144	144
GA	50	1	50	50
Atendimentos	24	30	720	720
Caixa	24	2	48	48
Caixa Forte	24	1	24	24
Servidor	24	4	96	96
GAF/Backoffice	24	6	144	144
Autoatendimento	24	15	360	360
Autoatendimento	7	5	35	35
Espera do atendimento	5	14	70	70
Espera do atendimento	12	17	204	204
Espera do atendimento	18	19	342	342
Espera do atendimento	24	23	552	552
Espera do atendimento	5	110 (m)	550	550
			Total (W)	3841

$$C_{IL} = [P_{IT} * (h * N_{ano})]/1000 \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

C_{IL} é o Consumo do sistema de iluminação (kW/ano);

P_{IT} é a Potência total instalada (kW);

h são as horas de uso da edificação por dia (horas);

N_{ano} são os dias de uso durante o ano.

3.3.2. Método das Atividades do Edifício

Para o cálculo das potências de iluminação limite, as DPIs limites dos respectivos níveis de eficiência A e D para a tipologia de cada ambiente, diferentemente do método anterior, utilizou-se a tabela 7, sendo que as atividades podem ser contabilizadas por um ambiente ou por grupos de ambientes com a mesma atividade. Utilizou-se o somatório com equação 7 para cada ambiente.

$$P_l = A_l * DPI_l \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

P_l é a potência limite;

A_l é a área iluminada;

DPI_l é a densidade de potência limite.

Tabela 7: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação. Fonte: Portaria INI-C, 2022

Ambientes/Atividades	DPI, Classif. A (W/m ²)	DPI, Classif. D (W/m ²)
Cinema	12,25	14,97
Penitenciária	11,50	13,59
Teatro	21,85	41,92
Banco/escritório - área de atividades bancárias	10,00	23,84
Banheiros	9,15	13,73
Biblioteca		
Área de arquivamento	6,00	12,48
Área de leitura	8,85	16,00
Área de estantes	12,90	29,44
Casa de máquinas	4,65	9,60
Centro de convenções		
Espaço de exposições	9,50	24,96
Circulação		
Área de vendas	13,15	28,96
Provador	5,40	16,32
Cozinhas		
	11,40	17,12
Depósitos		
	4,95	8,00
Dormitórios - alojamentos		
	6,65	10,47
Escadas		
	6,25	11,84
Escritório		
Escritório - planta livre	10,00	19,04
	8,70	16,80
Garagem		
	1,50	3,20
Ginásio/ Academia		
Área de ginástica	8,85	12,48
Arquibancada	7,00	13,00
Esportes de ringue	26,40	46,08
Quadra de esportes - classe 4 ⁽¹⁾	12,15	18,85
Quadra de esportes - classe 3 ⁽²⁾	18,30	28,37
Quadra de esportes - classe 2 ⁽³⁾	21,10	33,12
Quadra de esportes - classe 1 ⁽⁴⁾	26,60	51,84

Tabela 8: Cálculo de potência de iluminação em uso por agrupamento de ambientes. Fonte: Autor

Ambiente	Área iluminada (m ²)	Potência de Iluminação sem controle automatizado [W]
Banheiros	7,26	72,00
Cozinhas	10,41	72,00
Sala reunião	20,63	456,00
Sala de espera	188,52	1718,00
Banco/escritório	199,95	1523,00

Sendo assim, utilizou-se as mesmas equações para este método, como no método do edifício completo, no entanto, obteve valores distintos para as potências limites, devido utilizar este método separado em cinco ambientes como ilustrado na tabela 8. Além disso, foi realizado o cálculo do consumo do sistema de iluminação nas condições de referência correspondentes à classificação D (CIL,refD) e à classificação A (CIL,refA), ambos expressos em kWh/ano. Com base nesses valores, determinou-se o percentual de redução no consumo de iluminação, bem como o coeficiente que representa a diferença entre os limites mínimos e máximos de cada classe, de A a E.

3.3.3. Determinação das escalas e classe de eficiência do sistema de iluminação

Para determinar o percentual de redução no consumo de iluminação, utilizou-se a equação 8. Para

esse cálculo, é necessário considerar o consumo da edificação tanto na condição real quanto na condição de referência D.

$$RedC_{IL} = \frac{C_{IL,refD} - C_{IL,real}}{C_{IL,refD}} \times 100 \text{ Equação 8}$$

Onde:

$RedC_{IL}$ é o percentual de redução do consumo de iluminação (%);

$C_{IL,refD}$ é o consumo de iluminação da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

$C_{IL,real}$ é o consumo de iluminação da edificação na sua condição real (kWh/ano).

A classificação de eficiência energética do sistema de iluminação é feita conforme a Equação 9. A escala é criada com base no consumo de referência D e consumo de referência A, a redução atingida em A equivalente ao limite inferior da classe A, e o referência D o limite inferior da classe D, com redução equivalente a 0%.

$$i = \left(\frac{C_{IL,refD} - C_{IL,refA}}{C_{IL,refD}} \times 100 \right) / 3 \text{ Equação 9}$$

Onde:

i o coeficiente que representa os intervalos entre classes;

$C_{IL,refD}$ é o consumo de iluminação da edificação na sua condição de referência D (kWh/ano);

$C_{IL,refA}$ é o consumo de iluminação da edificação na sua condição de referência A (kWh/ano).

3.4 Benchmarking de Consumo de Energia

Para avaliar a eficiência do consumo energético da edificação, foi utilizada a interface web disponibilizada pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). A ferramenta permitiu a análise de parâmetros relevantes para o benchmarking energético, os quais estão ilustrados na Figura 10.

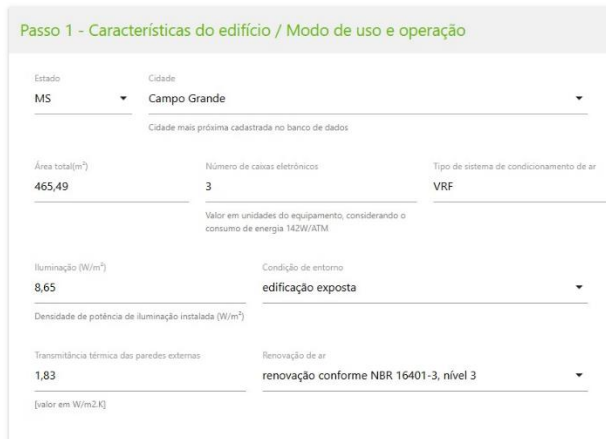
A interface fornece um ambiente interativo onde os dados da edificação são comparados com referências previamente estabelecidas, conforme descrito na tabela da INI-C. Durante a análise, foram inseridos os dados de consumo da edificação, incluindo condições reais e parâmetros de referência. A estrutura apresentada na Figura 9 detalha os campos

e etapas necessárias para o preenchimento adequado da ferramenta.

Tabela 9: Parâmetros da interface do Benchmarking. Fonte: Autor

Área total (m ²)	Numero de caixas eletrônicos	Tipo de sistema de ar	Iluminação (W/m ²)	Transmitância das paredes	Carga térmica total anual da edificação
465,49	3,00	VRF	8,65	1,83	37.836,67

Figura 10: Dados inseridos na interface. Fonte: Interface Benchmarking



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Envolvória

Diante dos parâmetros descritos, foram analisados os parâmetros de avaliação da envoltória pelo método simplificado para tal edificação. Dessa forma, calcula-se o fator da forma (FF), com os parâmetros da área da envoltória e seu volume, apresentados na equação 2.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$$

$$A_{env} = 48.55 + 91.96 + 273.56 + 107.41 + 301.4 + 456.61 = 1279.49 \text{ m}^2$$

$$V_{tot} = A_{facetraseira} * (profundidade1 + profundidade2) = 1941.9583 \text{ m}^3$$

$$FF = \frac{1279.49}{1941.9583} = 0.6589$$

Foram introduzidas na interface web do metamodelo os parâmetros, com intuito na obtenção carga térmica anual para a sala (CgTT), tanto na condição de referência, resultando em 66216,23 kWh/ano como na real, que resultou em 7567,69 kWh/ano.

Tabela 10: Carga térmicas da interface web metamodelo. Fonte: Autor

Zonas	Densidade de carga térmica REAL (por zona) (kWh/m ² *ano)	Densidade de carga térmica REFERÊNCIA (por zona) (kWh/m ² *ano)	Carga térmica de resfriamento REAL TOTAL (kWh/ano)	Carga térmica de resfriamento REFERÊNCIA TOTAL (kWh/ano)
Z01	90,29	169,70	10251,50	19267,84
Z02	111,67	170,18	3908,59	6116,25
Z03	92,74	161,38	12955,16	25543,06
Z04	86,29	158,35	2259,87	4147,31
Z05	80,69	106,25	8461,55	11141,77
Total			37836,67	66216,23

Com consequência obteve-se o valor de redução da carga térmica anual para classificação D para A ($RedCgTT_{D-A}$), analisado através da tabela 10, como também a influência da zona bioclimática da cidade em que a edificação se encontra. Sendo assim, foram calculados os limites da envoltória pela equação 3.

$$i = 7,67\%$$

Tabela 11: Limites para avaliação da envoltória.

Fonte: Autor

A	B	C	D	E
RedCgTT > 23%	23% ≥ RedCgTT > 15,33%	15,33% ≥ RedCgTT > 7,67%	7,67% ≥ RedCgTT > 0%	RedCgTT < 0%

Sendo assim, observou-se o seguinte percentual para os limites de classificação ilustrados na tabela 11. Ademais, calculou-se o percentual de redução de carga térmica total anual da envoltória com a seguinte equação.

$$RedCgTT = 42,86 \%$$

A análise realizada revelou uma significativa redução na carga térmica total anual da edificação. Considerando a condição de referência, o consumo foi de 66.216,23 kWh/ano, enquanto a condição real apresentou uma carga de 37.836,67 kWh/ano, resultando em uma redução de 42,86%. Essa melhoria classificou a envoltória na categoria A, segundo os critérios estabelecidos pelo PBE Edifica.

Como se trata de uma edificação bancária, não se tem muitas aberturas por questões de segurança, sendo assim, estratégias como ventilação natural ou até mesmo iluminação natural, não são consideradas como opções para as estratégias passivas. Dessa forma, analisou-se que devido a utilização de uma fachada envidraçada com um material de ótima

qualidade, no intuito de minimizar as cargas térmicas internas, contribuindo para uma maior eficiência energética da edificação.

4.2 Sistema de Iluminação

4.2.1 Método do Edifício Completo

Calculou-se a potência de iluminação total para edificação, a partir da Tabela 6, total 3.841 W. Ademais realizou-se obtenção dos parâmetros para os limites máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI) referência, definiram-se as DPIs limites dos respectivos níveis de eficiência A e D pela equação 5, para a tipologia de escritório como definido anteriormente.

$$PI_{LA} = A_l * DPI_l$$

$$PI_{LA} = 3774 W$$

$$PI_{LD} = 6260,4 W$$

O consumo de iluminação na condição real foi determinado com base na tabela da INI-C (Anexo A.1 - Valores de referência para edificações de escritório), utilizando a equação a seguir:

$$C_{IL} = [PI_T * (h * N_{ano})]/1000$$

$$C_{ILreal} = 9986,6 \text{ kwh/ano}$$

$$C_{ILrefA} = 9812,4 \text{ kwh/ano}$$

$$C_{ILrefD} = 16.277,04 \text{ kwh/ano}$$

Para isso, é necessário considerar o consumo da edificação tanto na condição real quanto na condição de referência D. O cálculo foi realizado utilizando a equação 7

$$RedCg_{IL} = \frac{C_{IL,refD} * C_{IL,real}}{C_{IL,refD}} * 100$$

$$RedCg_{IL} = 38,6461\%$$

Logo, a redução do consumo de iluminação da edificação real em relação à condição de referência D é de 38,65%. Com estes valores, determina-se o coeficiente representando a diferença entre cada um destes limites mínimos e máximos de cada classe, coma equação 8:

$$i = 13,24\%$$

Tabela 12: Limites para avaliação da envoltória. Fonte: Autor

A	B	C	D
RedCIL > 39,72%	39,72% ≥ RedCIL > 26,48%	26,48% ≥ RedCIL > 13,24%	13,24% ≥ RedCIL > 0%

Contemplando classificação B para iluminação para o método do edifício completo.

4.2.2. Método das Atividades do Edifício

Calculou-se as potências limites de acordo com Tabela 5, sendo que para este método possui essa pequena diferença nos limites, no qual apresentado na Tabela 13 os valores limites e suas totalidades.

Tabela 13: Limites condições de referência. Fonte: Autor

Tipologia	Classificação A	Classificação B
Ambiente	PI,IA	PI,IB
Banheiros	66,43	99,68
Cozinhas	118,67	178,22
Sala reunião	237,25	237,25
Sala de espera	1.553,41	1975,20
Banco/escritório	1.999,50	4766,81
Totais (W)	3.975,26	7.257,15

Seguindo o manual INI-C, o consumo de iluminação para a condição real é realizado a partir da tabela da INI-C para este método das atividades, possui uma pequena diferença em seus valores de referência, sendo assim, calcula-se o consumo de iluminação:

$$C_{IL} = [PI_T * (h * N_{ano})]/1000$$

$$C_{ILreal} = 9986,6 \text{ kwh/ano}$$

$$C_{ILrefA} = 10335,6773 \text{ kwh/ano}$$

$$C_{ILrefD} = 18868,5952 \text{ kwh/ano}$$

Portanto, é necessário o consumo da edificação na condição real e na condição de referência D. Calcula-se com a equação 7:

$$RedCg_{IL} = 47,07\%$$

Logo, a redução do consumo de iluminação da edificação real em relação à condição de referência D

é de 47,07%. Com estes valores, determina-se o coeficiente representando a diferença entre cada um destes limites mínimos e máximos de cada classe, coma equação 8:

$$i = 13,24\%$$

Considerando que a redução da edificação na condição real atingiu 47,07% e o limite mínimo da classe A consiste em 45,21% e logo, pode ser classificado como classe A. O limite mínimo da classe A é 45,21% e logo, tem-se que o sistema de iluminação da edificação bancária possui classificação A.

4.3 Benchmarking de Consumo de Energia

Utilizou-se os benchmarks de energia fornecidos pelo CBCS para realizar a análise de desempenho energético da edificação estudada neste trabalho, verificando seu consumo e identificando potenciais melhorias no uso racional de energia. Sendo assim, obteve-se consumo real eficiente de 81,30 kWh/m²/ano como apresentado na Figura 11.

Figura 11 Resultados da Interface DEO Fonte:- DEO



5. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou o desempenho térmico e a eficiência energética de uma agência bancária em Campo Grande-MS, destacando as classificações obtidas para a envoltória e os sistemas de iluminação. Os resultados indicaram que o uso de materiais com propriedades térmicas adequadas, como também a utilização de um vidro de uma boa qualidade proporcionaram uma redução significativa na carga térmica, levando à classificação A da envoltória. No sistema de iluminação, a aplicação do método das Atividades do Edifício resultou em classificação A, evidenciando a importância de análises detalhadas por ambiente para maximizar a eficiência.

Adicionalmente, a análise de Benchmarking de Consumo de Energia revelou um consumo eficiente de 81,30 kWh/m²/ano, posicionando a edificação dentro de padrões sustentáveis de desempenho energético. Essa abordagem não apenas valida as estratégias adotadas como também fornece parâmetros para

comparações futuras e melhorias contínuas no uso racional de energia.

A pesquisa reforça a relevância de considerar aspectos de eficiência energética desde a fase de projeto, contribuindo para a sustentabilidade e a redução de consumo de energia. Investigações futuras podem explorar a integração de fontes renováveis e tecnologias inteligentes para otimização energética, ampliando as possibilidades de aplicação dos métodos discutidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu pai, que, mesmo partindo no início da minha trajetória acadêmica, foi minha maior inspiração e sempre acreditou no meu potencial. Seu apoio e incentivo para eu ingressar na faculdade permanecem vivos em minha memória e coração.

À minha mãe e à minha família, pelo amor incondicional, paciência e apoio constante durante essa etapa desafiadora, tornando possível a realização deste sonho. Sou grato também aos amigos que fiz ao longo do curso, pelos momentos compartilhados, pelo companheirismo e pelas experiências que enriqueceram essa jornada.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), por proporcionar uma formação de qualidade e oportunidades de crescimento pessoal e profissional. Por fim, um agradecimento especial ao professor Arthur Santos Silva, meu orientador, cuja orientação, dedicação e ensinamentos foram fundamentais para a realização deste trabalho e para meu desenvolvimento ao longo da graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR **15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR **15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR **9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- Eletrobras. INI-C: **Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. 2023.

- Roriz, M. **Arquitetura bioclimática no Brasil**. São Paulo: Edusp, 2014..
- Gomes, J. M. S. **Conforto ambiental e desempenho térmico de edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura: Conforto térmico**. São Paulo: Editora Schoba, 2014.
- EPE. **Relatório de Desempenho do Setor Elétrico 2024**. Empresa de Pesquisa Energética, 2024.
- UNEP. **Relatório do Panorama Ambiental Global 2022**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), 2022.
- CAGED. **Cadastro Geral de Empregados e Desempregados - Relatório Anual 2024**. Ministério do Trabalho e Emprego, 2024.
- BRASIL. Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 18 out. 2001.
- INMETRO. **Manual INI-C: Instrução Normativa para Classificação de Eficiência Energética de edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**.
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), 2024.
- METAMODELO. **Interface Web do Metamodelo para Simulação e Análise de Desempenho Energético**. 2024.
- BRASIL. Eletrobras/Procel. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E). **Manual de aplicação da INI-C Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. V.1. junho de 2021.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Benchmarks de consumo de energia para edificações**.
- ELETROBRAS. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL**.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). **Plataforma de Desempenho Operacional de Edificações**.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Componentes construtivos – Projeto Edificações Energeticamente Eficientes**.
- Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Guia orientativo sobre a Norma de Desempenho: ABNT NBR 15.575**. Brasília: CBIC, 2024
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Eficiência Energética no Brasil: Histórico, Indicadores e Potencial de Economia de Energia**. Rio de Janeiro: EPE, 2020

ANEXO A

Figura 12: Resultado da classificação da envoltória. Fonte: Interface Web Metamodelo

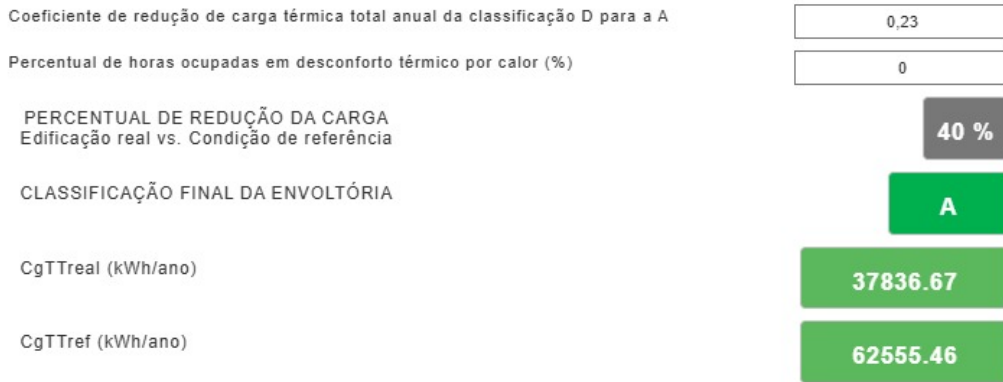


Figura 13: Layout. Fonte: Autor

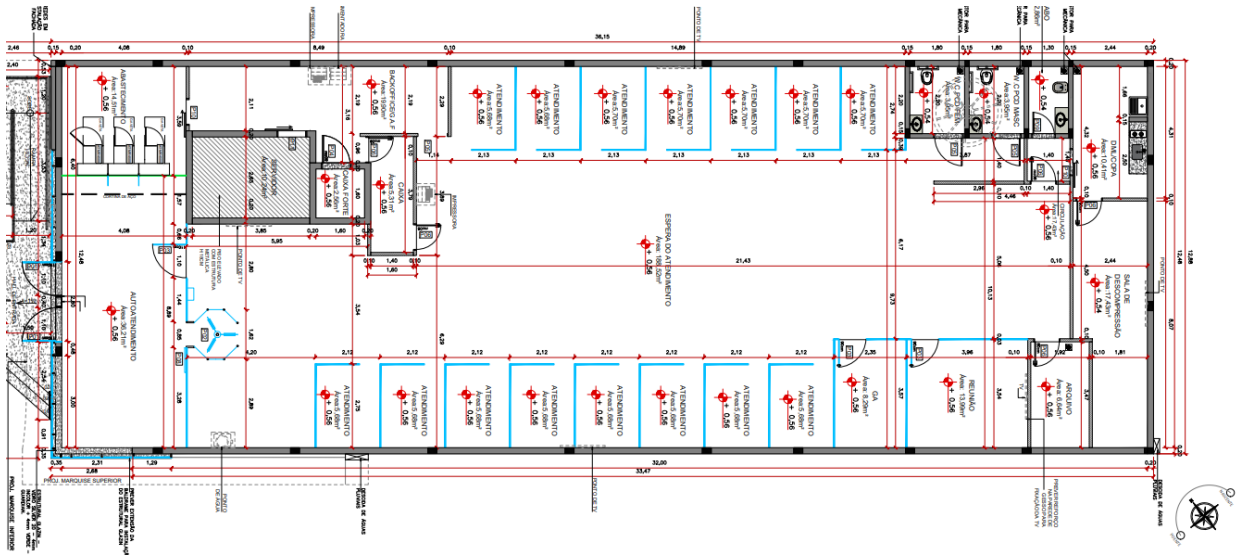


Figura 14 Ângulo de Vertical de Sombreamento 16°- Zona 02. Fonte: Autor

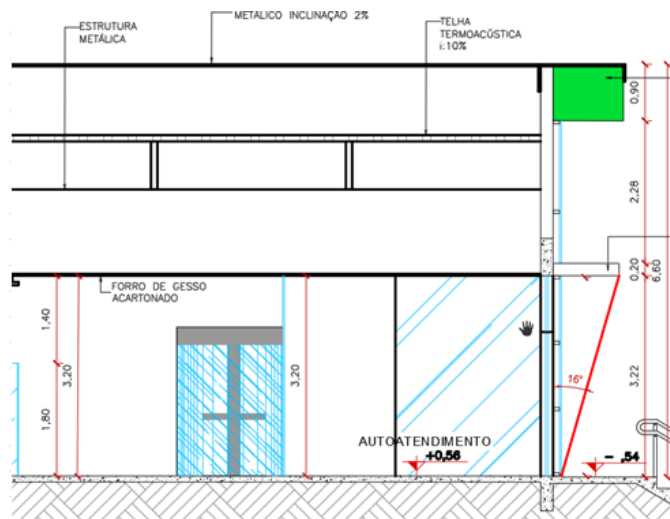


Figura 15: Ângulo de Vertical de Sombreamento 10 – Zona 03°. Fonte: Autor

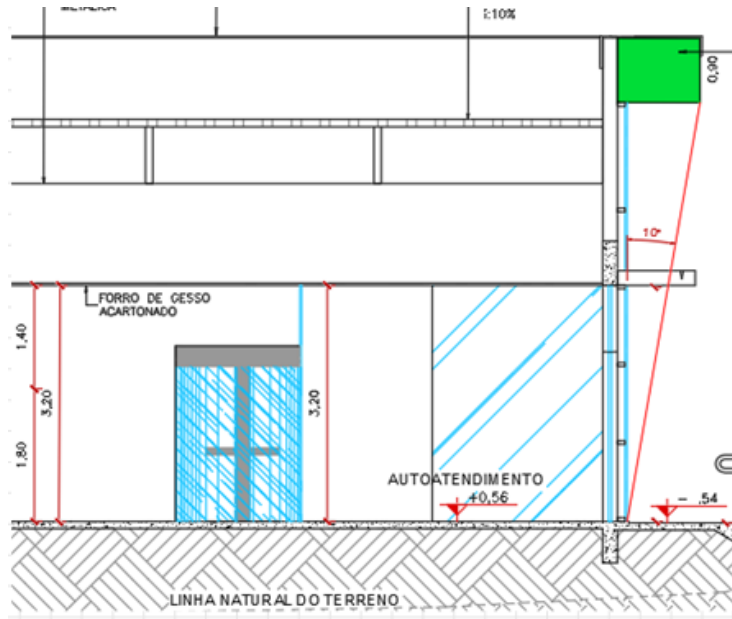


Figura 16 Ângulo de Horizontal de Sombreamento 39°- Zona 02-Fonte: Autor

