

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo
Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos

Thalysso Paulo Alves Pacheco

Avaliação da eficiência energética de envoltória e classificação de acordo com o método simplificado da INI-C: Estudo de caso de uma EAS em Cacoal/RO

Belo Horizonte

2022

Thalysso Paulo Alves Pacheco

Avaliação da eficiência energética de envoltória e classificação de acordo com o método simplificado da INI-C: Estudo de caso de uma EAS em Cacoal/RO

Versão final

Monografia de especialização apresentada à Escola de Arquitetura Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos.

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - Dep. TAU
Rua Paraíba, 697 Funcionários 30130-141 Belo Horizonte, MG Brasil

Telefone: (031) 3409-8823
Fax: (031) 3409-8822

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO THALYSSON PAULO ALVES PACHECO, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.

Às 19:10 horas do dia 17 de Outubro de 2022, reuniu-se por vídeo-conferência a Comissão Examinadora composta pela Professora Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza – Orientadora/Presidente e pela Professora Me. Grace Cristina Roel Gutierrez - membro titular, designadas pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada "***Avaliação da eficiência energética de envoltória e classificação de acordo com o método simplificado da INI-C: Estudo de caso de uma EAS em Cacoal/RO***", de autoria do aluno Thalysson Paulo Alves Pacheco, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que seja feito o depósito de 01 (um) exemplar no formato digital para o Repositório da UFMG.

Belo Horizonte, 17 de Outubro de 2022.

Roberta Vieira Goncalves de Souza:70888167687

Assinado de forma digital por Roberta Vieira Goncalves de Souza:70888167687
Dados: 2022.10.21 12:48:34 -03'00'

Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Orientadora-Presidente

Grace Cristina Roel Gutierrez:

15490510838

Profa. Me. Grace Cristina Roel Gutierrez

Membro Titular

Digitally signed by Grace Cristina Roel Gutierrez:
15490510838
DN: CN=Grace Cristina Roel Gutierrez:15490510838,
OU=UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais,
O=ICPEdu, C=BR
Reason: I am the author of this document
Location:
Date: 2022-11-25 12:04:34
Foxit Reader Version: 9.1.0

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai como forma de retribuição a tudo que ele fez e faz dedicado a mim e minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, mãe e irmã pelo apoio e incentivo aos meus estudos e objetivos.

À professora Dra. Roberta Gonçalves, pelos conhecimentos passados e todo apoio no processo que foi fundamental para elaboração deste trabalho.

À UFMG e ao Departamento de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo por terem me aceitado como aluno e disponibilizado a oportunidade de aprender mais a respeito de um tema muito importante para mim e minha carreira.

Por último, mas não menos importante a todos os colegas e professores com quem tive o prazer de compartilhar e aprender durante o curso.

RESUMO

As pessoas demandam cada vez mais acesso a fontes de energia para diversos objetivos; essa alta demanda é preocupante do ponto de vista da sustentabilidade uma vez que a dependência excessiva de energia pode criar um cenário parecido com a crise do petróleo nos anos 70 ou a crise energética de 2001 no Brasil. Uma solução seria a produção de edifícios com maior eficiência energética, uma vez que as edificações comerciais e residenciais representam 43% do consumo de energia no Brasil. O presente trabalho tem então por objetivo avaliar o nível de eficiência energética da envoltória de uma edificação pública de saúde, seguindo os ritos e critérios da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) e propor melhorias possíveis. Para tal foram levantados dados geométricos e construtivos do objeto de estudo para posteriormente utilizar a metodologia simplificada descrita na INI-C. O resultado de eficiência energética segundo a INI-C classificou a envoltória do edifício no nível "C". Quando aplicadas intervenções construtivas na envoltória, objetivando ganho de eficiência, a classificação consegue atingir o nível "A". Com esses resultados podemos concluir que o edifício em seu estado atual tende a possuir grande dependência de equipamentos de condicionamento artificial do ar para garantir um ambiente interno confortável e com as medidas propostas o edifício consegue obter melhor desempenho em termos de eficiência energética o que reduziria a necessidades do uso de equipamentos de condicionamento artificial.

Palavras-chave: PBEEdifica. Conforto. Sustentabilidade.

ABSTRACT

People increasingly demand access to energy sources for various purposes and this high demand is worrying from the sustainable point of view since excessive dependence on energy can create a scenario similar to the oil crisis in the 70s or the energy crisis of 2001 in Brazil. A solution would be the production of more energy efficient buildings, since commercial and residential buildings represent 43% of energy consumption in Brazil. This paper aims to evaluate the energy efficiency level of the envelope of a public health building, following the rites and criteria of the Inmetro Normative Instruction for the Energy Efficiency Classification of Commercial, Services and Public Buildings (INI-C) and propose possible improvements. To this end, geometric and construction data of the object of study were collected in order to later use the simplified methodology described in the INI-C. The energy efficiency according to the INI-C classified the building envelope as level "C". When constructive interventions were applied to the envelope to increase efficiency, the classification could reach level "A". With these results we can conclude that the building in its current state probably has a high dependency on refrigeration to ensure a comfortable internal environment. With the proposed measures the building can perform better in terms of energy efficiency, which would reduce the need for refrigeration.

Keywords: PBEEdifica. Comfort. Sustentabilidade. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cronologia das publicações relativas ao RTQ-C	17
Figura 2 - a) ENCE Geral b) ENCE Parcial c) ENCE Declarada.....	22
Figura 3 - Fachada sudoeste Bloco A e Bloco B	31
Figura 4 - Fachada noroeste do Bloco A	31
Figura 5 - Fachada sudeste do Bloco A	32
Figura 6 - Fachada noroeste do Bloco B	32
Figura 7 - Fachada nordeste do Bloco B	33
Figura 8 - Fachada sudeste do Bloco B	33
Figura 9 - Planta Baixa da UBS	34
Figura 10 - Planta de cobertura da UBS	34
Figura 11 - Propriedades da parede tipo do edifício	39
Figura 12 - Propriedades da cobertura tipo do Bloco B	40
Figura 13 - Propriedades da cobertura tipo do Bloco A	40
Figura 14 - Planta com as zonas térmicas definidas.....	42
Figura 15 - Fachada noroeste Bloco A	42
Figura 16 - Fachada sudeste Bloco A	43
Figura 17 - Esquema do AVS da Fachada noroeste e sudeste do Bloco A	43
Figura 18 - Fachada noroeste Bloco B	44
Figura 19 - Esquema do AOV da fachada noroeste do Bloco B.....	44
Figura 20 - Fachada nordeste Bloco B	45
Figura 21 - Fachada sudeste Bloco B	45
Figura 22 - Fachada sudoeste Bloco B	46
Figura 23 - Esquema do AVS da fachada sudoeste do Bloco B	46
Figura 24 - Tabela 8.14 INI-C	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado.....	19
Tabela 2 - Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado para o aproveitamento da ventilação natural	20
Tabela 3 - Valores de referência para estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS),	

exceto hospitais	24
Tabela 4 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética da envoltória	29
Tabela 5 - Parâmetros de referência	38
Tabela 6 - Parâmetros de entrada da edificação real por zona	48
Tabela 7 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona .	48
Tabela 8 - Classificação final Bloco A.....	49
Tabela 9 - Classificação final Bloco B.....	49
Tabela 10 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona (Cobertura alterada).....	50
Tabela 11 - Classificação final Bloco A (Cobertura modificada).....	51
Tabela 12 - Classificação final Bloco B (Cobertura modificada)	51
Tabela 13 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona (Com elemento de sombreamento vertical).....	52
Tabela 14 - Classificação final Bloco B (Com elemento de sombreamento vertical)	52
Tabela 15 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona (Com elemento de sombreamento horizontal)	53
Tabela 16 - Classificação final Bloco B (Com elemento de sombreamento horizontal)	53
Tabela 17 - Classificação final Bloco B (Com elemento de sombreamento horizontal)	54
Tabela 18 - Parâmetros de entrada da edificação real modificada por zona	54
Tabela 19 - Classificação final Bloco A (Modificado).....	55
Tabela 20 - Classificação final Bloco B (Modificado)	55

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo.....	13
1.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	Eficiência Energética em Edificações	15
2.2	Instrução Normativa Inmetro – Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (INI-C)17	
2.3	Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia (ENCE)	21
2.4	Método de avaliação da iluminação.....	22
2.5	Método de avaliação da envoltória	23
2.5.1	Valores de referência para avaliação da envoltória pelo método simplificado.....	23
2.5.2	Divisão em zonas térmicas	26
2.5.3	Determinação de carga térmica total anual da envoltória	26
2.5.4	Determinação do percentual de redução de carga térmica total anual ..	27
2.5.5	Determinação do fator de forma da edificação	27
2.6	Classificação da Envoltória.....	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	Estudo de Caso.....	29
3.2	Parâmetros para a Avaliação da Envoltória.....	35
3.2.1	Levantamento das propriedades térmicas da envoltória	35
3.2.2	Divisão de Zonas Térmicas	35
3.2.3	Determinação dos ângulos de sombreamento e percentual de abertura das fachadas	37
4	RESULTADOS	38

4.1	Análise dos pré-requisitos para aplicação do processo simplificado	38
4.2	Densidade de potência instalada.....	39
4.3	Propriedades térmicas da envoltória	39
4.3.1	Paredes	39
4.3.2	Coberturas	39
4.3.3	Absortância solar	40
4.3.4	Fator solar do vidro	41
4.4	Zonas térmicas.....	41
4.5	Ângulos de sombreamento e Percentual de área de abertura na fachada	42
4.6	Determinação do fator de forma (FF) e grupo climático (GP).....	46
4.7	Determinação dos parâmetros de entrada para cada zona térmica.....	48
4.8	Classificação da Envoltória - projeto original.....	48
4.9	Classificação da Envoltória – alteração da cobertura.....	50
4.10	Classificação da Envoltória – inserção de elementos de sombreamento vertical (AHS)	51
4.11	Classificação da Envoltória – inserção e modificação de elementos de sombreamento horizontal (AVS)	52
4.12	Classificação da Envoltória – todas modificações propostas.....	54
5	RESULTADOS	56
6	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Na década de 70 o mundo passou por uma crise energética causada pelo aumento do preço do petróleo que fez com que o tema de eficiência energética entrasse nos debates públicos e privados. Desde então em todo mundo vêm surgindo iniciativas públicas e privadas que visam estabelecer parâmetros de eficiência energética para diferentes setores consumidores de energia.

O consumo de energia elétrica nas edificações comerciais e residenciais corresponde a cerca de 43,3% do consumo total do Brasil e o setor público que inclui edificações e iluminação pública consome 7,9% (MME, 2022). Estima-se que é possível uma redução desse consumo em 50% para novas edificações e 30% para aquelas que forem readequadas conforme os conceitos de eficiência energética em edificações (BRASIL, 2001).

No ano de 2001 o Brasil passou por um evento chamado de “apagão nacional” causado por uma crise na gestão dos recursos energéticos do país, que remontava desde a década de 1990. Nos anos de 2001 e 2002 o país passou por uma grande seca que assim como no “apagão nacional” evidenciou uma crise na gestão energética do país. Neste período houve mudanças estruturais dentro do setor elétrico brasileiro que ocasionaram uma falha entre os agentes responsáveis pelo planejamento estratégico e operação do setor que foi evidenciado pelas crises (ALMEIDA et.al, 2022).

Em 2001 foi publicada a Lei nº 10.295/2001, que trata da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada a partir do decreto nº 4.059/2001, onde foi estabelecido a necessidade de criação de níveis mínimos e procedimentos para a avaliação de eficiência energética em edificações. Este decreto foi posteriormente revogado pelo decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019 (BRASIL, 2001; BRASIL, 2019).

Resultado deste cenário, foi criado em 2002 o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT-Edificações), que foi responsável por criar a Etiqueta

Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações.

Em 2005, o Inmetro passou a integrar o processo por meio da criação da CT Edificações, a Comissão Técnica onde é discutido e definido o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A partir daí, desenvolveu-se, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares, como os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R (PBE Edifica, 2022 a).

Desde 2014, o Procel Edifica junto com o CB3E vem desenvolvendo ações para a melhoria do atual método de avaliação do nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas, bem como de edificações residenciais - RTQ-C e RTQ-R. Como principal motivador destas ações, destaca-se a melhoria do indicador de desempenho que visa auxiliar o consumidor na tomada de decisão no momento da escolha do seu imóvel. Assim, a nova INI-C para a avaliação de desempenho energético das edificações comerciais, de serviços e pública, baseia-se no consumo de energia primária, comparando a edificação em sua condição real com a mesma edificação adotando-se características de referências, que equivalem à classe D de eficiência energética (PBE Edifica, 2022 b).

A Instrução Normativa do Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) especifica os critérios e os métodos para classificação de edificações considerando-se o consumo de energia dos quatro sistemas avaliados: envoltória, condicionamento de ar, iluminação e aquecimento de água. A classificação da envoltória se dá por meio da comparação dos valores preditos de carga térmica total anual para refrigeração da edificação nas condições real e de referência, equivalente à classificação D. Essa predição pode ser realizada por meio do método simplificado ou pelo método de simulação. O aproveitamento da ventilação natural por meio da redução na carga térmica de refrigeração da edificação real pode

ser contabilizado em ambos os métodos. Os parâmetros de entrada necessários para a predição da carga térmica da envoltória são: cobertura, fachadas, aberturas, áreas e padrões de ocupação de acordo com o uso, entre outros. (BRASIL, 2021b).

A utilização do método simplificado pelas edificações é condicionada ao atendimento de certos limites para os parâmetros avaliados. Caso algum parâmetro não atenda ao valor de referência, o método de simulação computacional se faz necessário (BRASIL, 2021a).

Desde agosto de 2014 a etiquetagem de edificações se tornou obrigatória em edifícios da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Esse movimento promovido pelo Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG) tem sobretudo a intenção de garantir que as edificações sob controle da administração pública federal desempenhem um nível de eficiência energética classe “A” segundo a classificação da ENCE (BRASIL, 2014).

O estudo de caso deste trabalho consiste em uma edificação onde a estrutura comporta uma UBS (Unidade Básica de Saúde). Com aproximadamente 500 m² o edifício comporta a UBS Nova Esperança, localizado na cidade de Cacoal/RO. A estrutura apresenta uma envoltória visivelmente inadequada para as condições climáticas da região, com grandes planos de vidro e poucos elementos de sombreamento e ventilação natural. Esse tipo de estrutura realiza 80% dos procedimentos relacionados a saúde da população. Por ser um edifício sob o controle municipal não existe atualmente uma obrigatoriedade legal para sua classificação, porém, a avaliação e classificação de qualquer edificação pela INI-C deve passar a ser compulsória de acordo com o Plano de Implementação da Compulsoriedade (BRASIL, 2022).

1.1 Objetivo

Este trabalho visa determinar a classificação de eficiência energética da envoltória de uma Unidade Básica de Saúde (UBS) localizado na cidade de Cacoal/RO por meio do método simplificado descrito na Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).

1.2 Objetivos específicos

- Investigar a Instrução Normativa do Inmetro para Classificação de Eficiência de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas;
- Levantar as características geométricas e construtivas da edificação do estudo;
- Propor eventuais melhorias na edificação com a finalidade de melhorar sua classificação de eficiência energética da envoltória.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Eficiência Energética em Edificações

Medeiros (2021) comenta que ao buscar mais qualidade de vida as pessoas recorrem cada vez mais a dispositivos eletrônicos e esse movimento causa um aumento no consumo de energia elétrica trazendo à tona a problemática de uma possível crise energética causada pela escassez de recursos naturais para produção de energia elétrica.

Não seria a primeira vez em que passaríamos por uma crise energética, na década de 1970 o mundo vivenciou uma crise energética causada pelo aumento do preço do petróleo, foi neste cenário que o interesse pela eficiência energética nos artefatos produzidos pela sociedade começou a ganhar força. E não foi diferente com as edificações, no decorrer deste processo surgiu o interesse por desenvolver uma arquitetura mais eficiente energeticamente (COBELLA e YANNAS, 2009).

Desde então existe um esforço mundial entre as diferentes organizações públicas e privadas para criar medidas que promovam o uso racional de energia nos mais diferentes setores, não diferente, o setor da construção civil tem grande influência nessa temática.

Lamberts et al (2014) afirmam que a arquitetura também deve ser vista como um elemento que precisa ter eficiência energética. A eficiência energética na arquitetura representa seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico com baixo consumo energético.

O Brasil começou a formular sua legislação de incentivo a eficiência energética na década de 1980. E foi em 1984 que o INMETRO deu início as discussões a respeito da criação de programas de avaliação de parâmetros focados no desempenho energético, gerando, entre outros, o Programa Brasileiro de Etiquetagem, PBE (PBE EDIFICA, 2022).

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) foi

instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua em conjunto com órgãos do governo federal. Seu objetivo consiste em promover o uso racional da energia elétrica, suas ações visam o incentivo da conservação de energia e o uso eficiente dos recursos naturais nas edificações projetando uma redução nos impactos de uma edificação poder sobre o meio ambiente (PBE EDIFICA, 2022).

Através do Decreto nº 4059/2001 foi regulamentado a Lei nº10.295/2001, que criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) onde atua o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT-Edificações). O grupo técnico citado tem como principal objetivo regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética de edificações construídas no Brasil. Foi a partir das atividades o GT-Edificações junto ao Inmetro foi possível estabelecer o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ENCE (Procelinfo, 2022).

O PBE possui diversos programas de avaliação de desempenho que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para tornar público informações de desempenho energético de produtos. Entre os programas desenvolvidos dentro do PBE surgiram os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) juntamente com documentos complementares (PBE EDIFICA, 2022).

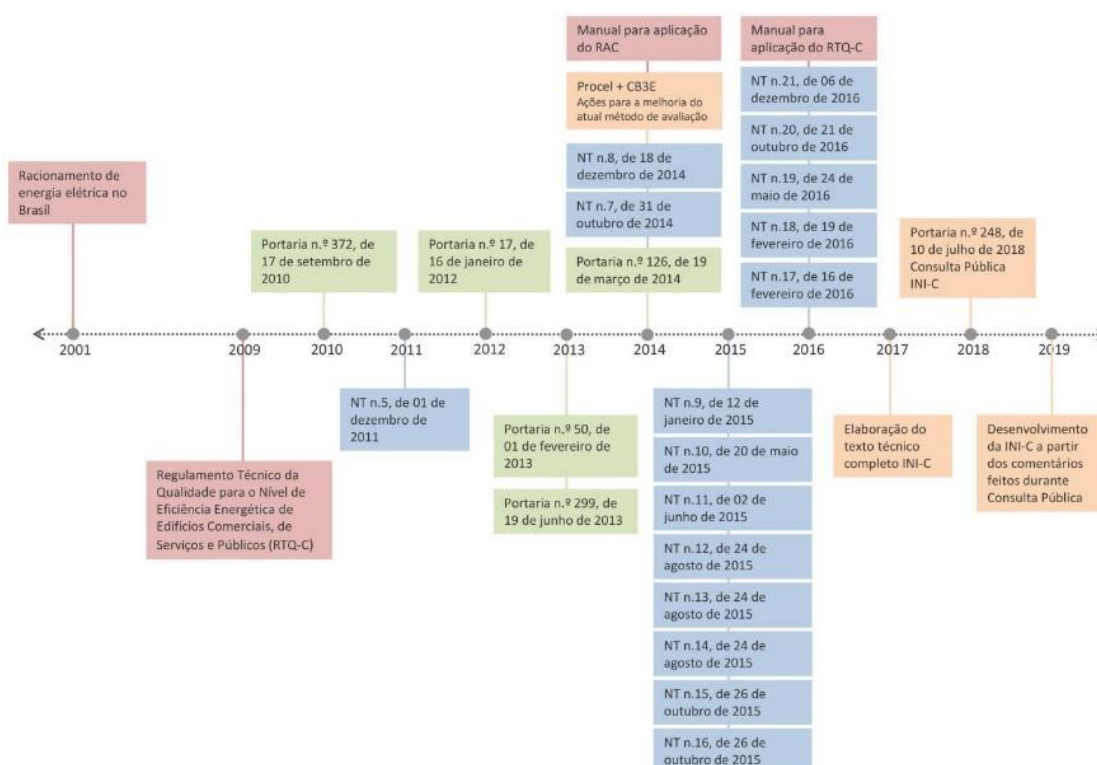
Lima e Silva (2020) apontaram que o método do RTQ apresenta diversas limitações em sua avaliação prescritiva, entre eles: a falta de representação por volumetria da edificação; necessidade de levantamento de dados não significativos na avaliação; o uso de parâmetros ponderados para toda edificação; não dispor de tipologias muito recorrentes na construção; entre outros. Tais questões, entre outras, tornaram necessária uma atualização do regulamento visando um novo método de avaliação.

Em 2021 o Inmetro aprovou a nova Instrução Normativa Inmetro para classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), norma

esta, que é um aperfeiçoamento dos Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Esta nova metodologia passou a considerar uma condição de referência e outra real comparando o consumo de energia primária dos sistemas avaliados.

Uma cronologia das etapas de desenvolvimento do sistema de avaliação de eficiência energética em edificações pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Cronologia das publicações relativas ao RTQ-C



Fonte: Rodrigues, 2020.

2.2 Instrução Normativa Inmetro – Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (INI-C)

Conforme citado anteriormente a INI-C determina critérios e métodos para que seja possível realizar a classificação de edificações comerciais, de serviços e públicas quanto ao seu nível de eficiência energética visando a etiquetagem do edifício. No documento são apresentados métodos para a determinação da classificação de eficiência energética de edificações que se enquadrem nas tipologias descritas na normativa, podendo ser essa classificação geral ou parcial.

A proposta de avaliação da INI-C consiste em fazer uma comparação utilizando como critério avaliativo o consumo de energia primária do edifício analisado com características reais frente a características de referência de um edifício de mesma morfologia classificado como nível “D”. O método permite que sejam analisados os seguintes sistemas: Envoltória, Sistema de Iluminação, Sistema de Condicionamento de Ar e Sistema de Aquecimento de Água.

As tipologias e suas especificações de aplicação da análise são citadas no Anexo A da INI-C, sendo elas: Edificações de escritórios; Edificações educacionais; Edificações de hospedagem; Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS); Edificação de varejo; Edificações de alimentação e outros.

Para que seja executada a avaliação energética, a INI-C conta com dois métodos, sendo eles o método de simulação e o método simplificado. Todos os sistemas podem ser avaliados por ambos os métodos, com exceção do sistema de aquecimento de água restrito apenas ao método simplificado.

O método de simulação pode ser aplicado em qualquer edificação, sendo obrigatório em edificações com: aquecimento artificial, aberturas zenitais, fachadas ventiladas, fachadas com vidro em frente as paredes, ambientes de elevada geração de carga interna, dispositivos móveis de sombreamento interno automatizados, vidros com comportamento dinâmico ou outras soluções de desempenho inovadoras.

O método simplificado pode ser utilizado para avaliar todos os sistemas da edificação. Ao tratar da envoltória o método simplificado estabelece critérios específicos onde a edificação deve estar dentro dos limites de alguns parâmetros para que seja possível fazer a avaliação do sistema.

Na Tabela 1 são apresentados os limites dos parâmetros a serem respeitados para tornar possível a aplicação do método simplificado para avaliação da envoltória de edificações condicionadas artificialmente.

Tabela 1 - Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Absortância solar da parede (α_{par})	0,2	0,8
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Capacidade térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CTpar)	0,22 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)
Densidade de potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²
Densidade de potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de área de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/(m ² .K)	5,07 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/(m ² .K)	4,40 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²

Fonte: Brasil, 2021.

Na Tabela 2 são apresentados os limites dos parâmetros a serem respeitados para tornar possível a aplicação do método simplificado na análise da envoltória de edificações ventiladas naturalmente ou híbridas.

Desde publicação da Portaria de 10 de junho de 2018 tratando da Consulta Pública da INI-C, surgiram pesquisas a respeito do assunto, em sua maioria com a intenção de avaliar o novo método e/ou compará-lo ao seu antecessor RTQ-C. Um exemplo foi a dissertação realizada por Andrade (2022) onde se compararam os resultados de análises de eficiência energética de uma edificação na cidade de São Carlos/SP, utilizando o procedimento do RTQ-C, a proposta do novo procedimento INI-C e que tomou como referência os resultados obtidos por uma simulação computacional que utilizou os programas EnergyPlus e SketchUP para modelagem. O resultado foi que os procedimentos do novo procedimento são, de acordo com o autor, mais simples para aplicação que seu antecessor, além de apresentar uma precisão maior na classificação final do edifício.

Tabela 2 - Limites dos parâmetros de avaliação da envoltória atendidos pelo método simplificado para o aproveitamento da ventilação natural

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absorbância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Absortância solar das paredes externas (α_{par})	0,2	0,8
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Área das APPs	9 m ²	400 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	10 kJ/(m ² .K)	400 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica da parede externa (CT _{par})	40 kJ/(m ² .K)	500 kJ/(m ² .K)
Comprimento total (maior dimensão entre os lados da edificação)	13 m	200 m
Fator da área da escada	0	0,28
Fator solar do vidro (FS)	0,2	0,8
Forma das aberturas para ventilação: razão entre a largura e a altura das aberturas para ventilação	0,1	50
Número de pavimentos	1	5
Pé-direito (PD)	2,75 m	4,25 m
Percentual de área de abertura na fachada total (PAFT)	0,05	0,7
Profundidade total (menor dimensão entre os lados da edificação)	8 m	50 m
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)
Transmitância térmica da parede externa (U _{par})	0,1 W/(m ² .K)	5 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro (U _{vid})	1 W/m ²	6 W/m ²

Fonte: Brasil, 2021.

Medeiros (2021) em sua dissertação utilizou a metodologia simplificada da INI-C para avaliar o percentual de horas em conforto térmico (PHO_{ct}) em espaços naturalmente ventilados de diferentes edificações do campus Pampulha da UFMG em Belo Horizonte. Os resultados obtidos pelo novo procedimento foram comparados com os resultados de uma simulação computacional dos edifícios modelada no programa EnergyPlus. Foram analisadas 82 edificações separadas em três grupos de acordo com a aplicabilidade do novo procedimento. Verificou-se que 16% das edificações cumpriam com as exigências de parâmetros da geometria, 61% tiveram que sofrer ajustes para possibilitar a aplicação do método simplificado e 23% não cumpriram com as exigências. Após a

análise foi observado que as edificações que cumpriam com as exigências de análise tiveram um bom resultado, contudo foi observado que determinadas características tinham impacto significativo no resultado: edificações com coberturas que apresentavam valores de baixa transmitância térmica apresentaram melhor desempenho que edificações com grande densidade de ocupação e ambiente internos menores. Por fim o autor salienta que existe a necessidade de ajustes nos parâmetros de entrada para que o procedimento atenda a mais tipologias pelo método simplificado.

Rodrigues (2020) em sua dissertação buscou observar a exequibilidade do novo procedimento (INI-C) e elencou comparativos com o antigo procedimento (RTQ-C). A partir de um edifício existente a autora aplicou ambas as metodologias e comparou os resultados com o consumo medido da edificação, onde foi observado uma grande diferença entre o resultado de consumo energético previsto pelo novo procedimento e o consumo medido, ilustrando a necessidade de se fazer ajustes nos parâmetros de referência utilizados.

2.3 Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia (ENCE)

A etiqueta é o selo de conformidade que evidencia os atendimentos aos requisitos de desempenho, estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. A etiqueta pode receber nomes diferentes dependendo do contexto. Quando a principal informação que a etiqueta traz consigo é o nível de eficiência energética do produto ou edificação etiquetados no Brasil se chama Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

A ENCE obtida a partir da INI-C, possui três diferentes configurações: ENCE Geral (para projeto e edificação construída); ENCE Parcial (para projeto e edificação construída); e a ENCE Declarada (somente para projeto).

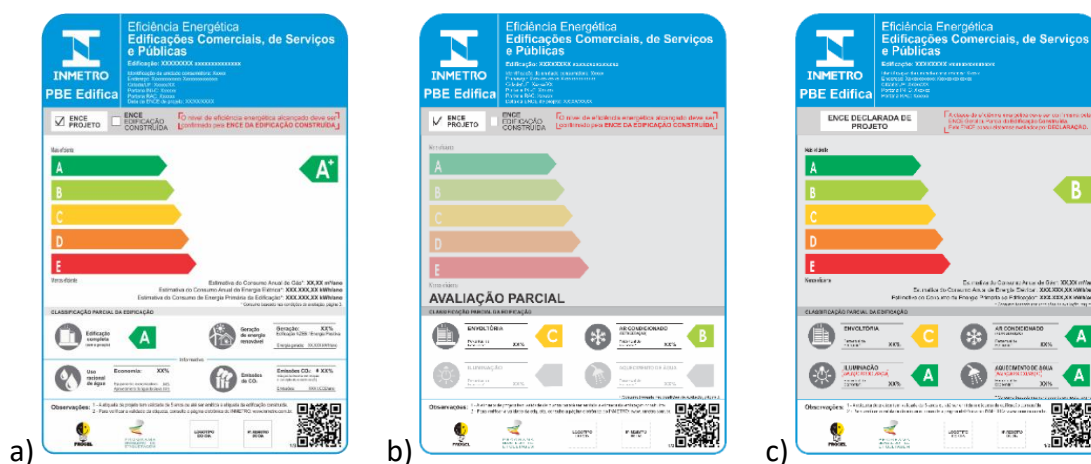
- ENCE Geral consiste em uma categoria do programa nacional de etiquetagem cedida a uma edificação, ou parte dela, quando todos os sistemas aplicáveis (envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água) foram submetidos ao processo de avaliação.
- ENCE Parcial é uma categoria do programa nacional de etiquetagem cedida a

uma edificação, ou parte dela, quando uma ou mais combinações entre a envoltória e os demais sistemas foram submetidos ao processo de avaliação.

- ENCE Declarada é semelhante a Parcial, porém só pode ser utilizada para avaliar a envoltória e um ou mais sistemas a avaliação é baseada em declarações.

A ENCE classifica as edificações em faixas coloridas de “A” (mais eficiente e de cor verde) até “E” (menos eficiente de cor vermelha).

Figura 2 - a) ENCE Geral b) ENCE Parcial c) ENCE Declarada



Fonte: PBE Edifica.

2.4 Método de avaliação da iluminação

A densidade de potência de iluminação (DPI) consiste na razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores instalados e a área de um ambiente ou zona térmica. Essa razão é obtida a partir da seguinte equação:

$$DPI = \text{Potência total} / AI$$

Onde:

Potência total é a potência dos elementos de iluminação em watts de um determinado grupo;

AI é a área útil em que o grupo de elementos de iluminação possui influência.

A DPI do edifício a ser avaliado pode ser obtida através do levantamento das áreas e dos itens de iluminação in loco ou através do projeto de iluminação dele. Para a avaliação da envoltória a DPI reflete um valor único que engloba todos os equipamentos de iluminação sobre toda a área útil atendidas por eles dentro da envoltória determinada. A condição de referência da DPI é um valor fixo que pode ser consultado na tabela da

tipologia analisada, presente no Anexo A do regulamento.

A densidade de potência de iluminação instalada total da edificação (DPIT) é obtida através da divisão da potência de iluminação total instalada com a área útil iluminada total da edificação. Essa razão é obtida a partir da seguinte equação:

$$DPIT = (PIT + PIUT) / AIT$$

Onde:

DPIT é a densidade de potência instalada total da edificação (W/m²);

PIT é a potência de iluminação instalada total da edificação, sem controle automatizado (W);

PIUT é a potência de iluminação em uso total da edificação, controlada por sensor automatizado (W/m²);

AIT é a área iluminada total da edificação (m²).

2.5 Método de avaliação da envoltória

O método simplificado de avaliação da envoltória da INI-C é baseado em critérios especificados na instrução onde o foco é avaliar a eficiência energética das edificações e/ou projetos.

2.5.1 Valores de referência para avaliação da envoltória pelo método simplificado

A envoltória consiste em um conjunto de planos que separam o ambiente interno do externo. Esses planos são: Fachadas, Empenas, Coberturas, Aberturas, Pisos e qualquer elemento que componha estes planos. Desconsiderando as áreas em contato com o solo (BRASIL, 2021a).

Para ser possível utilizar o método simplificado a edificação deve apresentar dados de parâmetros condizente dos limites estabelecidos na INI-C. No Anexo A da normativa estão dispostas tabelas com as condições de referência para sete tipologias de edificações comerciais. A edificação utilizada neste estudo se enquadra como um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) e as condições de referência estão expostas na tabela A.4 da normativa (ver Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de referência para estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), exceto hospitais

Uso típico	Edificações de varejo	
	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Área (m ²)	Condição real	
Orientação solar	Condição real	
Pé-direito (piso a teto) (m)	Condição real	
Aberturas		
PAF – Percentual de área de abertura da fachada (%)	Condição real	60% na zona da fachada principal (0,60), e 10% nas demais (0,10)
Componentes construtivos		
Parede	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9,0 cm), argamassa externa (2,5 cm)
Upar – Transmitância da parede externa (W/m ² K)	Condição real	2,39
αPAR – Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5
Ctpar – Capacidade térmica da parede (kJ/m ² K)	Condição real	150
Cobertura	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (> 5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Ucob – Transmitância da cobertura (W/m ² K)	Condição real	2,06
αCOB – Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
Ctcob – Capacidade térmica da cobertura (kJ/m ² K)	Condição real	233
Vidro	Condição real	Vidro simples incolor 6mm
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82
Uvid – Transmitância do vidro (W/m ² K)	Condição real	5,7
AHS – Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0
AVS – Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0
AOV – Ângulo de obstrução por vizinha (°)*	Condição real	
Iluminação e ganhos		
DPI – Densidade de potência de iluminação (W/m ²)	Condição real	16,3**
Ocupação (m ² /pessoa)	5,0	
DPE – Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)***	40,0	
Horas de ocupação	12	
Dias de ocupação (N _{ano})****	350	
Situação do piso	Condição real	
Situação da cobertura	Condição real	
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento

Condicionamento de ar (refrigeração)		
COP – Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)*****		24,0
Aquecimento de água*****		

Fonte: Brasil, 2021.

Os parâmetros de entrada são as propriedades térmicas e geométricas da envoltória de uma edificação. A partir destes dados é possível determinar a carga térmica de refrigeração anual real da edificação ($C_{gTRreal}$) e, seguindo os critérios descritos para tipologia no Anexo A, determinar a carga térmica de refrigeração anual de referência da edificação (C_{gTRref}).

Segundo a INI-C para determinar os parâmetros de entrada é necessário considerar cada Zona isoladamente, considerando suas condições específicas. Os parâmetros de entrada são:

- a) Área da zona térmica (m^2);
- b) Tipo de zona térmica (perimetral/interna);
- c) Se existe contato com o solo (parâmetro binário – sim, se houver contato; não, se não houver contato, como nos casos de pilotis ou em balanço);
- d) Se a cobertura é voltada para o exterior (parâmetro binário – sim/não);
- e) Existência de isolamento térmico no piso (parâmetro binário – não, se não houver isolamento ou se a espessura do isolamento for < 5 mm; sim, se houver isolamento e a espessura for > 5 mm);
- f) Orientação solar (N, NE, L, SE, S, SO, O e NO);
- g) Horas de ocupação por dia (horas) – valor definido conforme a tipologia;
- h) Densidade de potência de equipamentos (W/m^2);
- i) Densidade de potência de iluminação (W/m^2), ou densidade de potência de iluminação em uso (W/m^2);
- j) Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF);
- k) Fator solar do vidro;
- l) Transmitância térmica do vidro, cobertura e paredes externas ($W/(m^2.K)$);
- m) Absortância solar da cobertura e paredes externas;
- n) Pé-direito (m);

- o) Ângulos de sombreamento: ângulo horizontal de sombreamento (AHS), ângulo vertical de sombreamento (AVS) e ângulo de obstrução vizinha (AOV);
- p) Capacidade térmica da cobertura e paredes externas ($\text{kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$).

2.5.2 Divisão em zonas térmicas

De acordo com a INI-C, uma zona térmica é um espaço ou grupo de espaços dentro de um edifício que tenham densidade de cargas térmicas internas (pessoas, equipamentos e iluminação) semelhantes, de forma que as condições de temperatura possam ser mantidas homogêneas. As zonas térmicas devem ser estabelecidas em internas (sem contato com o ambiente externo à edificação) e perimetrais (em contato direto com o ambiente externo) (BRASIL, 2021a).

Para cada zona térmica devem ser estipulados os parâmetros de entrada para o megamodelo considerando a edificação em sua condição real, e em sua condição de referência (BRASIL, 2021a).

As zonas térmicas devem ser separadas de acordo com: a) tipologia da edificação; b) tipo e/ou especificações técnicas do sistema de condicionamento de ar; c) pé-direito; d) 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. No caso de edificações onde as áreas de permanência prolongadas são 100% condicionadas, as áreas de permanência transitória geralmente não são condicionadas, e, portanto, devem ser desconsideradas na avaliação (BRASIL, 2021a).

2.5.3 Determinação de carga térmica total anual da envoltória

O desempenho térmico da edificação de ser avaliado através da carga térmica total anual (C_{gTT}) da envoltória em sua condição real ($C_{gTTreal}$) em contraponto com a condição de referência (C_{gTTref}) com classificação igual a “D”. Para tal deve ser utilizado o sistema web disponível no site da PBEdifica, onde os dados da tabela 4 são inseridos e o cálculo realizado.

2.5.4 Determinação do percentual de redução de carga térmica total anual

A determinação do percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) deve ser realizada a partir dos resultados da carga térmica total anual real (CgTTreal) e da condição de referência (CgTTref), conforme a equação a seguir:

$$\text{RedCgTT} = ((\text{CgTTref} - \text{CgTTreal}) / \text{CgTTref}) \cdot 100$$

Onde:

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

CgTTreal é a carga térmica total anual da envoltória da edificação real (kWh/ano);

CgTTref é a carga térmica total anual da envoltória da edificação na sua condição de referência (kWh/ano).

2.5.5 Determinação do fator de forma da edificação

A determinação do fator de forma da edificação (FF) é obtida através da relação da área em metro quadrado da envoltória com o volume total construído da edificação em metros cúbicos, conforme a equação a seguir:

$$\text{FF} = \text{Aenv} / \text{Vtot}$$

Onde:

FF é o fator de forma da edificação (m^2 / m^3);

Aenv é a área da envoltória (m^2);

Vtot é o volume total construído da edificação (m^3).

2.6 Classificação da Envoltória

Conforme citado anteriormente o método de avaliação consiste em comparar o edifício em sua condição real, ou seja, com parâmetros reais com o mesmo edifício com parâmetros de referência nível "D".

A ENCE pode ser obtida para todos os sistemas em conjunto, resultando em uma ENCE Geral, e pode também ter diferentes combinações entre os sistemas mais a envoltória ou somente a envoltória, resultando em uma ENCE Parcial. Além da edificação completa é possível classificar partes da mesma, como pavimentos ou ambientes específicos.

A condição de referência adotada segue os parâmetros e características da tipologia de edificação de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), disponível no Anexo A da normativa INI-C. A classificação varia de acordo com essas tipologias de edificação, seu fator de forma (FF) e clima no qual a mesma está inserida. Para a influência do clima a normativa apresenta uma classificação que divide o território brasileiro em 24 grupos climáticos (GC) e nesta classificação é possível extrair valores de referência a partir do valor de FF para a classificação final da avaliação.

É possível fazer a classificação da eficiência energética geral e dos sistemas individuais, onde na geral a classificação é feita com base do percentual de redução do consumo de energia primária (RedCEP) enquanto a classificação dos sistemas individuais é feita de acordo com o percentual de redução de carga térmica total anual da edificação real comparada com ela em condição de referência (RedCgTT). Neste trabalho é utilizado a classificação de eficiência energética de um sistema individual que é a envoltória.

A escala relativa à classificação da eficiência energética da envoltória é obtida através do coeficiente de redução da carga térmica total anual da classificação D para a A (CRCgTTD-A), conforme a equação a seguir:

$$i = (\text{CRCgTTD-A} \times 100) / 3$$

Onde:

i é o coeficiente que representa os intervalos entre as classes;

CRCgTTD-A é o coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A.

A normativa traz algumas observações importantes neste momento da classificação, primeira é que no caso de a envoltória ter mais de uma tipologia em seu volume avaliado deve ser considerada a tipologia de maior área ao selecionar o coeficiente de fator de forma (FF), a segunda é que no caso de a edificação avaliada ser dividida em blocos deve ser feita uma classificação para cada bloco separadamente.

A partir do resultado calculado de “i” deve-se utilizar uma tabela de classificação, conforme a Tabela 5, para então identificar a classificação de eficiência energética da

envoltória da edificação analisada, e caso a avaliação apresente um valor negativo sua classificação final deve ser “E”.

Tabela 4 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética da envoltória

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	$\text{RedCgTT} > 3i$	$3i \geq \text{RedCgTT} > 2i$	$2i \geq \text{RedCgTT} > i$	$i \geq \text{RedCgTT} \geq 0\%$	$\text{RedCgTT} < 0\%$

Fonte: PBE.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho está dividida em três partes principais. Na primeira parte foi apresentado o edifício a ser analisado e posteriormente feito o levantamento de dados in loco.

A segunda parte foram realizados os procedimentos necessários para obter a carga térmica total para refrigeração da envoltória da edificação baseado no Anexo B.I do método simplificado da INI-C para edificações condicionadas artificialmente.

Por fim, na terceira parte consistiu em realizar os procedimentos para a determinação da classificação de eficiência energética da envoltória da edificação em uma ENCE Parcial de Envoltória e fazer observação de possíveis melhorias no sistema.

3.1 Estudo de Caso

A UBS Nova Esperança está localizada no Bairro Nova Esperança na cidade de Cacoal/RO, na região norte do Brasil, a 479,70km da capital Porto Velho. Sua área construída total é de 495m² e todos os espaços de permanência prolongada são condicionados artificialmente.

A UBS consiste em um edifício composto por dois blocos construídos em momentos diferentes, evidenciando que houve uma ampliação e reforma na estrutura da edificação, a estrutura chama a atenção para seus dois blocos devido a diferença de tipologia que cada um apresenta. É possível encontrar na cidade outras UBS's cuja

envoltória seja mais adequada ao clima local, entretanto a estrutura escolhida para este trabalho apresenta um solução deslocada, o edifício mais novo possui em duas de suas quadros fachadas grandes planos de vidro fixos, uma escolha pouco eficiente em uma região em que as edificações precisam fornecer sombra e possibilitar a troca constante de ar, sem surpresas no interior do edifício é possível notar uma grande dependência de equipamentos de ventilação artificial e protetores solares internos para barrar a grande incidência solar advinda dos planos de vidros.

A fim de tornar o texto mais dinâmico os blocos foram nomeados como Bloco A e Bloco B, sendo o bloco A a estrutura mais antiga e com formato retangular e o bloco B a estrutura mais recente e com formato mais quadrado.

De modo geral as paredes externas apresentam um elemento de alvenaria uniforme composto por argamassa interna, bloco cerâmico de seis furos, argamassa externa e pintura externa com três escalas de cores diferentes.

Ao longo das fachadas do edifício existe uma pintura padronizada, que pode ser observada mais adiante nas Figuras das fachadas, com três tonalidades diferentes.

Cada bloco possui um tipo de cobertura específico sendo a cobertura do Bloco A composta por forro de madeira e telha de fibrocimento e a cobertura do Bloco B composta por laje e telha fibrocimento, ambos com câmara de ar.

Todos os elementos envidraçados da edificação são de um mesmo fabricante e de mesmo tipo, este por sua vez não possui nenhum documento técnico dos elementos para que fosse possível extrair dados como o fator solar do vidro (FS). O edifício possui um pé-direito uniforme, medindo 2,90m.

Figura 3 - Fachada sudoeste Bloco A e Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 3 mostra a fachada Sudoeste dos Blocos A e B em comum alinhamento.

Figura 4 - Fachada noroeste do Bloco A



Fonte: Autor, 2022.

Figura 5 - Fachada sudeste do Bloco A



Fonte: Autor, 2022.

Figura 6 - Fachada noroeste do Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

Figura 7 - Fachada nordeste do Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

Figura 8 - Fachada sudeste do Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

Não foi possível registrar a fachada Noroeste do Bloco A devido ao fato da fachada estar alinhada com o muro vizinho, onde não se obteve autorização para fotografar a mesma.

os seguintes ambientes: Recepção; Banheiros; Salas de Espera; Sala de Triagem; Sala da Administração; Sala de Observação Médica; Consultórios; Sala de Reunião; DML; Expurgo; Técnica; e Cozinha. Nas Figuras 10 e 11 é possível ver a planta baixa e a planta de cobertura da edificação.

3.2 Parâmetros para a Avaliação da Envoltória

Para que seja possível fazer a avaliação da envoltória, deve-se antes, levantar informações de determinados parâmetros. Baseado nos procedimentos do Anexo B.I da INI-C, optou-se por obter esses dados na seguinte sequência: Levantamento das propriedades térmicas da envoltória; Divisão de zonas térmicas; Determinação dos ângulos de sombreamento e percentual de abertura das fachadas.

3.2.1 Levantamento das propriedades térmicas da envoltória

A propriedade térmica da envoltória consiste em dados obtidos através da análise da geometria da edificação e seus materiais, entre eles temos: dados de absorvância solar de paredes e coberturas; capacidade térmica de paredes e coberturas; fator solar dos vidros; transmitância térmica de paredes, coberturas e vidros. Os dados foram obtidos mediante levantamento in loco do edifício, onde foi possível observar os elementos empregados e posteriormente foram calculadas as grandezas citadas anteriormente.

3.2.2 Divisão de Zonas Térmicas

Para realizar a divisão das zonas térmicas foram seguidos os seguintes passos:

Passo 1 – Diferenciação de ambientes de permanência prolongada e de permanência transitória: a característica de permanência dos ambientes também é um fator relevante na divisão das zonas. A avaliação da envoltória considera apenas as áreas de permanência prolongada (APP) e desconsidera as áreas de permanência transitória (APT). De modo geral as APP são as áreas de ocupação contínua ou de longo período, como salas de aulas, laboratórios, escritórios, entre outros, enquanto as APT são ambientes transitórios, como banheiros, circulação, depósitos, entre outros. Para

calcular a área de permanência prologada total (APP) deve somar a área útil de todos os ambientes que se enquadram como APP. As APP do objeto de estudo se concentraram nos seguintes ambientes: Salas de Espera; Consultórios; Sala de Reunião; Sala de Observação; Triagem; Gerencia; Cozinha; e Recepção. Enquanto as APT foram: Banheiros; Circulações; DML; Técnica; Expurgo; e Depósito.

Passo 2 – Delimitação de zona interna e zona perimetral: A partir de um alinhamento que considera a face interna dos planos da envoltória foi criada uma linha com 4,5m de distância voltada para o interior da edificação, resultando a Zona Perimetral e a Zona Interna. Na Figura 13 é possível observar as zonas geradas pelo objeto de estudo.

Passo 3 – Diferenciação de orientações de zonas perimetrais: As zonas perimetrais foram dadas de acordo com a orientação solar incidente na fachada. Desta forma cada orientação solar possui uma Zona Perimetral específica. Na Figura 13 é possível observar as Zonas geradas, entre elas temos: Zona Perimetral Noroeste; Zona Perimetral Sudoeste; Zona Perimetral Sudeste; e Zona Perimetral Nordeste.

Passo 4 – Situação do piso, cobertura e dimensão do pé-direito: existem condicionantes relacionadas a situação do piso, cobertura e dimensão do pé-direito que influenciam nos dados de parâmetros de entrada e devem ser considerados na divisão das zonas. Essa diferenciação se faz necessária para que o modelo entenda corretamente as condicionantes que cada zona está submetida. O objeto de estudo em questão não apresentou diferenciação entre os elementos em uma mesma zona, logo, não foi necessário considerar esse fator para o prosseguimento da divisão das zonas.

Passo 5 – Diferenciação de zonas térmicas condicionadas e não condicionadas: Neste passo é diferenciado os ambientes que são condicionados artificialmente e aqueles que não são, ou seja, ambientes ventilados naturalmente ou híbridos. No objeto de estudo deste trabalho foi constatado que todos os ambientes de permanência prolongada são condicionados artificialmente, logo, não houve necessidade de criar zonas térmicas com esse direcionamento.

Passo 6 – Arredondamento de zonas internas: É possível fazer uma extrapolação da delimitação das zonas afim de reduzir a área das zonas internas, conforme o primeiro passo desta sequência as zonas foram definidas a partir de um alinhamento interno das paredes, este alinhamento foi de até quatro metros e meio e é possível extrapolar esse alinhamento até um metro reduzindo a zona interna.

Passo 7 – Levantamento de parâmetros de entrada das zonas: Com a determinação das zonas térmicas é possível fazer a determinação dos parâmetros de entrada descritos no capítulo 4 deste trabalho.

3.2.3 Determinação dos ângulos de sombreamento e percentual de abertura das fachadas

Os valores dos: ângulo horizontal de sombreamento (AHS); ângulo vertical de sombreamento (AVS); ângulo de obstrução vizinha (AOV); e o percentual de área de abertura da fachada (PAF) foram obtidos através da análise de cada fachada levando em consideração apenas as áreas de fachada correspondente as zonas térmicas de permanência prolongada (APP). Para fazer tais análises foi feito o levantamento do edifício e a representação 2D de suas fachadas, cortes e plantas.

4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir dos processos descritos anteriormente neste trabalho.

4.1 Análise dos pré-requisitos para aplicação do processo simplificado

A tabela a seguir apresenta os resultados da análise dos pré-requisitos das propriedades térmicas da edificação para a aplicação do método simplificado descrito na INI-C.

Tabela 5 - Parâmetros de referência

Parâmetros	Limites do método		Dados da edificação	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8	61	
Absortância solar da parede (α_{par})	0,2	0,8	61	64
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°	0°	50,76°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°	0°	0°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°	0°	20,11°
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	0,22 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)	21	180
Capacidade térmica da parede externa (CT _{par})	0,22 kJ/(m ² .K)	450 kJ/(m ² .K)	150	
Densidade de potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²	40	
Densidade de potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²	15	
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87	0,57	
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m	2,90	
Percentual de área de abertura da fachada (PAF)	0%	80%	0%	80%*
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	0,51 W/(m ² .K)	5,07 W/(m ² .K)	1,79	2,02
Transmitância térmica da parede externa (U _{par})	0,50 W/(m ² .K)	4,40 W/(m ² .K)	2,46	
Transmitância térmica do vidro (U _{vid})	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²	5,70	

*A fim de seguir com o procedimento considerou-se o valor máximo permitido pelo método, uma vez que foi encontrado valores acima, com 96% e 82%.

Fonte: Autor, 2022.

4.2 Densidade de potência instalada

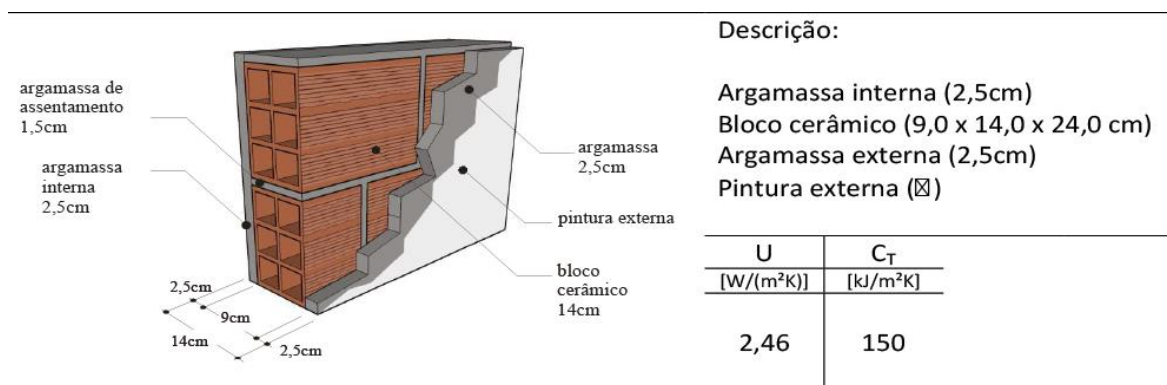
Como o objetivo deste trabalho consiste apenas na avaliação da envoltória, não se faz necessário levantar dados da densidade de potência dos equipamentos (DPE) e iluminação (DPI), utilizando valores de 40 W/m^2 para o DPE e 15 W/m^2 para o DPI, conforme sugere o procedimento.

4.3 Propriedades térmicas da envoltória

4.3.1 Paredes

As propriedades térmicas das paredes foram definidas em conformidade com o sistema de parede 09 presente no Anexo Geral V da portaria Inmetro Nº50/2013, conforme Figura 11. Podemos definir os parâmetros de referência da transmitância térmica da parede externa em $2,46 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e capacidade térmica de parede externa em $150 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Figura 11 - Propriedades da parede tipo do edifício

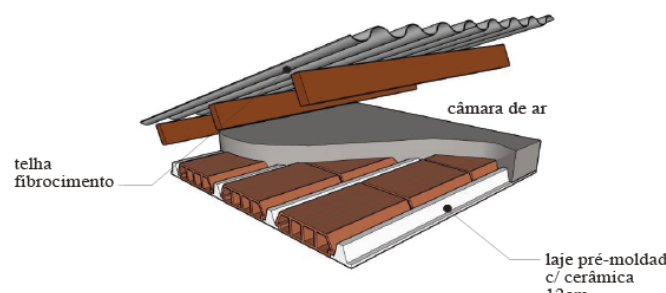


Fonte: PBE Edifica

4.3.2 Coberturas

Ainda utilizando o catálogo do Anexo V, foi possível determinar os dois tipos de cobertura. O bloco B apresenta uma configuração de cobertura similar a cobertura de número 10, conforme a Figura 12. Podemos definir então a transmitância térmica da cobertura de $1,79 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e capacidade térmica de cobertura de $180 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$.

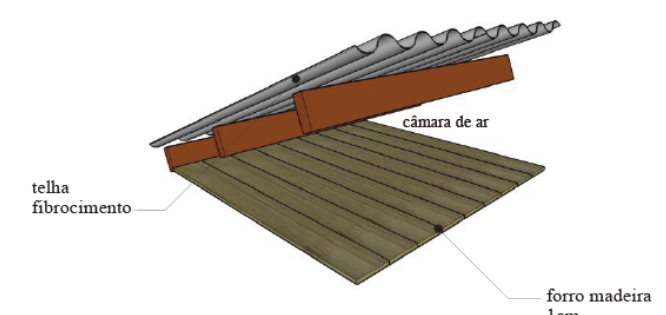
Figura 12 - Propriedades da cobertura tipo do Bloco B

 <p>telha fibrocimento</p> <p>câmara de ar</p> <p>laje pré-moldada c/ cerâmica 12cm</p>	Descrição: Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento 0,8cm						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,79</td> <td>180</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	1,79	180
U	C _T						
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]						
1,79	180						

Fonte: PBE Edifica

O bloco A apresenta uma configuração de cobertura similar a cobertura de número 12, conforme a Figura 13. Definimos então a transmitância térmica da cobertura de 2,02 W/m².K e capacidade térmica de cobertura de 21 kJ/(m².K).

Figura 13 - Propriedades da cobertura tipo do Bloco A

 <p>telha fibrocimento</p> <p>câmara de ar</p> <p>forro madeira 1cm</p>	Descrição: Forro madeira (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha fibrocimento						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,02</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table>	U	C _T	[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]	2,02	21
U	C _T						
[W/(m ² K)]	[kJ/m ² K]						
2,02	21						

Fonte: PBE Edifica

4.3.3 Absortância solar

Cada uma das cores das paredes externas apresentam um valor de absortância solar diferente obtidas do Anexo Geral V da portaria Inmetro N^o50/2013 onde é apresentado um catálogo de cores com seus respectivos dados de absortância. Por falta de informação da origem e do tipo das tintas aplicadas nos planos foram utilizadas cores correspondentes presentes no anexo. De baixo para cima temos uma faixa com tom verde claro correspondendo a cor 48 com α : 64,00, uma faixa cinza, correspondendo a cor 23 com α : 61,00 e uma faixa maior branca com α : 15,80, o valor médio ponderado

desta combinação de cores é de α : 38,99. A absorptância solar da cobertura dos blocos do edifício corresponde também a cor 23 com α : 61,00.

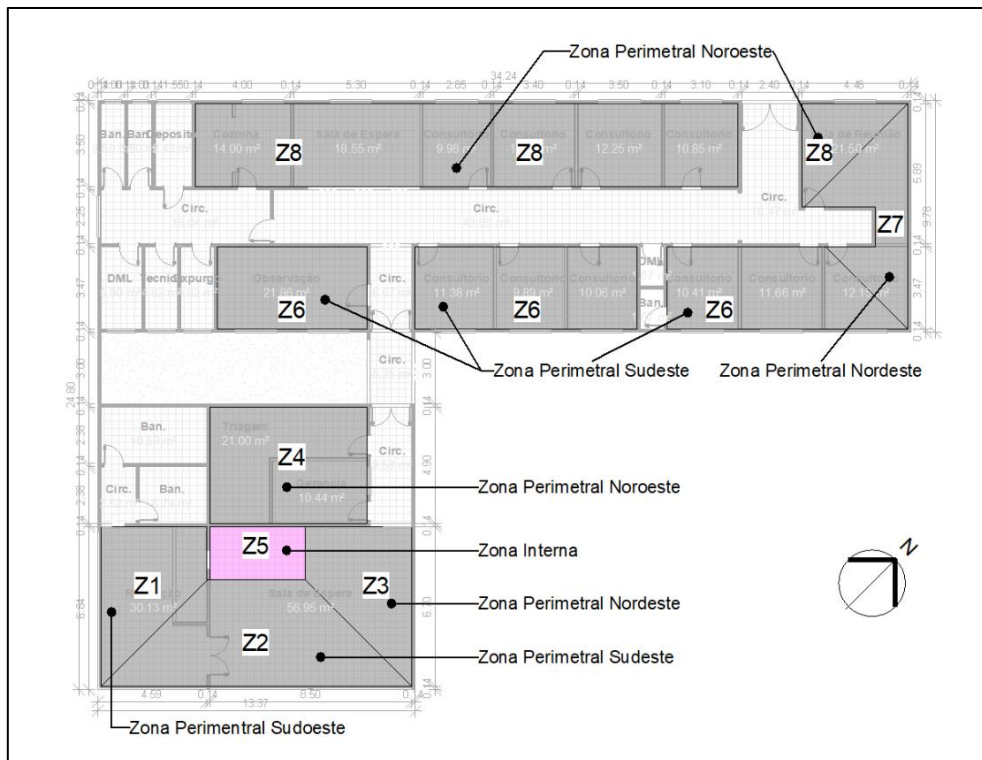
4.3.4 Fator solar do vidro

Ainda utilizando o catálogo do Anexo Geral V foi possível observar vidro correspondente. O tipo de vidro da edificação foi relacionado ao vidro 26 com FS de 0,57 e transmitância térmica de 5,70 W/m².

4.4 Zonas térmicas

A seguir apresenta-se a divisão das zonas térmicas para uso do metamodelo de Carga Térmica. A divisão das zonas se deu a partir dos passos descritos no item 3.2 deste trabalho, cada zona engloba uma área comum que possui características uniformes, isto é evidente em todas as zonas, entretanto as zonas Z6 e Z8 apresentam uma configuração diferente por haver secções em sua faixa. Estas secções se devem ao fato dos ambientes que compartilham as mesmas características na zona serem interrompidos por ambientes de permanência temporária, estes que não devem ter suas áreas consideradas na divisão de zonas térmicas. A divisão de zonas térmicas é apresentada na Figura 15.

Figura 14 - Planta com as zonas térmicas definidas

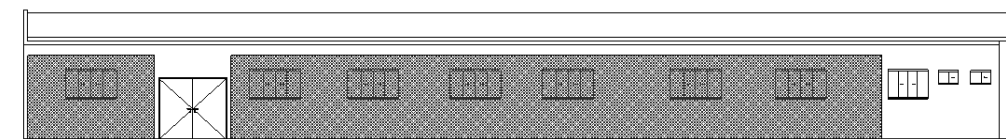


Fonte: Autor, 2022.

4.5 Ângulos de sombreamento e Percentual de área de abertura na fachada

A seguir apresenta-se os valores correspondentes ao AOV, AHS, AVS e PAF de cada fachada das zonas térmicas dos dois blocos que compõem o edifício.

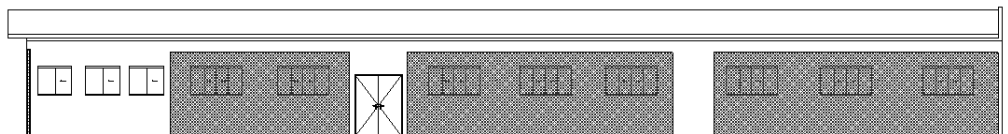
Figura 15 - Fachada noroeste Bloco A



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 16 demonstra a fachada noroeste do bloco A com a área correspondente a zona térmica hachurada. O PAF observado desta fachada foi de 14,63%. O AOV desta fachada é de 0º, devido à ausência de elementos relevantes para a obstrução solar sobre a edificação. O AHS desta fachada é 0º devido à ausência de elementos de proteção solar horizontal instalado.

Figura 16 - Fachada sudeste Bloco A

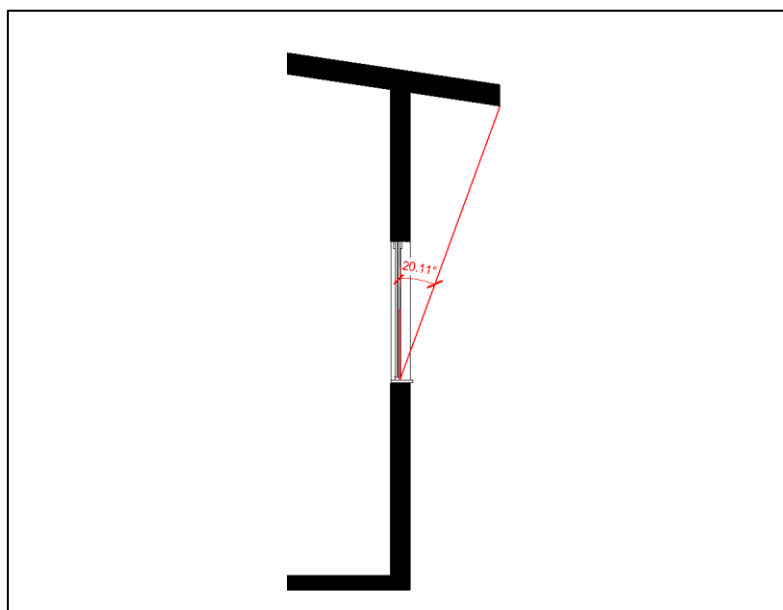


Fonte: Autor, 2022.

A Figura 16 demonstra a fachada sudeste do bloco A com a área correspondente a zona térmica hachurada. O PAF observado desta fachada foi de 17,84%.

O AOV desta fachada é de 0º, devido à ausência de elementos relevantes para a obstrução solar sobre a edificação. O AHS desta fachada é 0º devido à ausência de elementos de proteção solar vertical instalado.

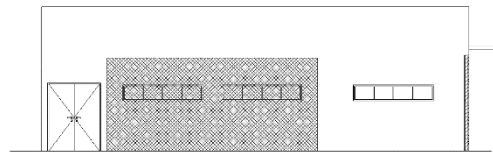
Figura 17 - Esquema do AVS da Fachada noroeste e sudeste do Bloco A



Fonte: Autor, 2022.

O AVS das fachadas Noroeste e Sudeste são de 20,11º, valor este referente ao ângulo entre o plano vertical na base da folha de vidro e a extremidade mais distante da proteção solar horizontal.

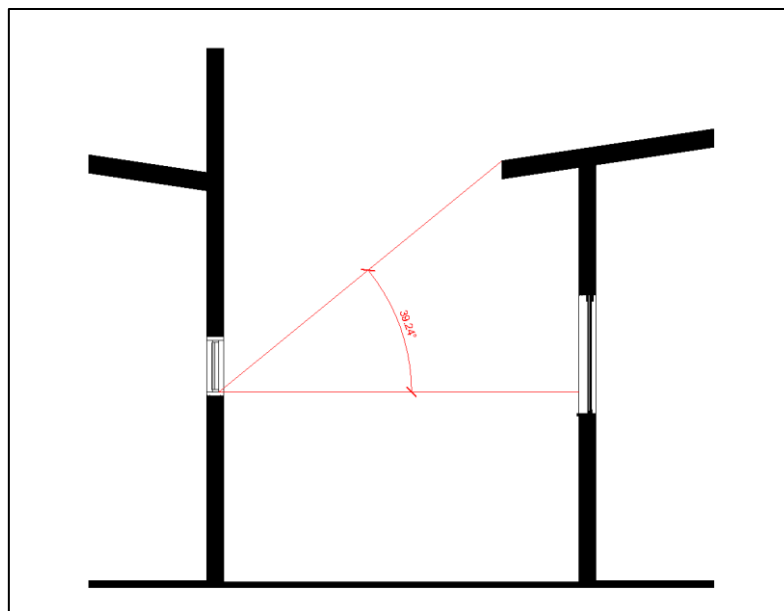
Figura 18 - Fachada noroeste Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 19 demonstra a fachada noroeste do bloco B com a área correspondente a zona térmica hachurada. O PAF observado desta fachada foi de 10,03%.

Figura 19 - Esquema do AOV da fachada noroeste do Bloco B

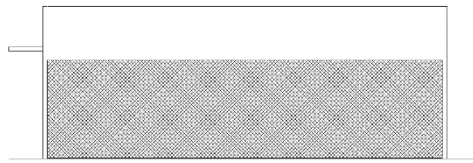


Fonte: Autor, 2022.

O AOV desta fachada é de $39,24^\circ$, por ser o menor ângulo observado em corte e planta do plano da zona observada com a superfície paralela vizinha.

O AHS desta fachada é 0° devido à ausência de elementos de proteção solar vertical instalado. O AVS da fachada Noroeste é de 0° , devido à ausência de elementos de proteção solar horizontal.

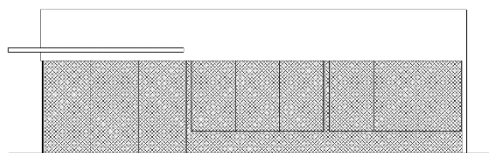
Figura 20 - Fachada nordeste Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 21 demonstra a fachada noroeste do bloco B com a área correspondente a zona térmica hachurada. Em decorrência da ausência de aberturas o PAF, AOV, AHS e AVS são 0.

Figura 21 - Fachada sudeste Bloco B

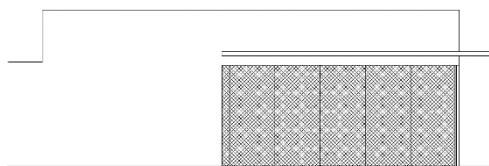


Fonte: Autor, 2022.

A Figura 22 demonstra a fachada sudeste do bloco B com a área correspondente a zona térmica hachurada. O PAF observado desta fachada foi de 82,27%. O AOV desta fachada é de 0º, devido à ausência de elementos relevantes para a obstrução solar sobre a edificação. O AHS desta fachada é 0º devido à ausência de elementos de proteção solar horizontal instalada.

O AVS da fachada Sudeste é de 18,61º, valor este, referente à média ponderada dos ângulos entre os planos verticais na base das folhas de vidro e a extremidade mais distante das proteções solares horizontais presentes na fachada.

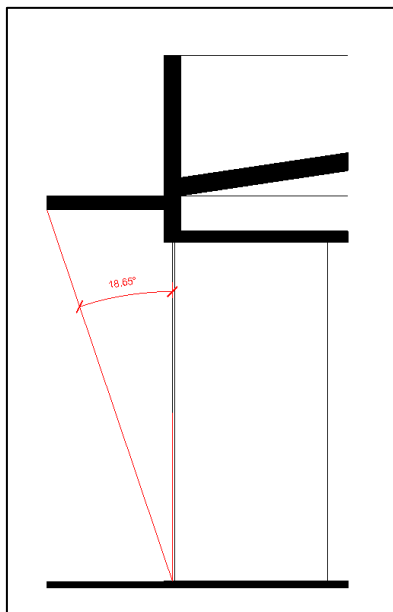
Figura 22 - Fachada sudoeste Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 24 demonstra a fachada sudoeste do bloco B com a área correspondente a zona térmica hachurada. O PAF observado desta fachada foi de 96,60%. O AOV desta fachada é de 0º, devido à ausência de elementos relevantes para a obstrução solar sobre a edificação. O AHS desta fachada é 0º devido à ausência de elementos de proteção solar horizontal instalada.

Figura 23 - Esquema do AVS da fachada sudoeste do Bloco B



Fonte: Autor, 2022.

O AVS da fachada Sudoeste é de 18,65º, valor este, referente ao ângulo entre o plano vertical na base da folha de vidro e a extremidade mais distante da proteção solar horizontal.

4.6 Determinação do fator de forma (FF) e grupo climático (GP)

O fator de forma da edificação deve ser determinado para que seja possível obter o

coeficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para A (CRCgTTD-A). Utilizando a equação indicada na INI-C foi possível chegar no valor de fator de forma dos blocos da edificação sendo eles: Fator de forma do Bloco A 0,54 e fator de forma do Bloco B 0,56.

Com os dados de fator de forma de cada bloco foi possível estabelecer CRCgTTD-A de cada bloco. No Anexo G da INI-C foi possível localizar que o grupo climático em que a cidade de Cacoal/RO (Porto Velho/RO) está inserida é o GC 18. Na tabela 8.14 da instrução foi possível observar que os blocos dividem o mesmo coeficiente de 0,09, conforme a Figura a seguir:

Figura 24 - Tabela 8.14 INI-C

Tabela 8.14 – Estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), exceto hospitais: coeficiente de redução da carga térmica anual da classificação D para a A (CRCgTTD,A) com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classificação D para a A (CRCgTTD,A)			
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	FF > 0,40
GC 1- A	0,28	0,25	0,23	0,21
GC 1- B	0,24	0,21	0,18	0,17
GC 2	0,17	0,16	0,16	0,14
GC 3				
GC 4				
GC 5	0,25	0,23	0,21	0,20
GC 6				
GC 7	0,26	0,19	0,15	0,14
GC 8				
GC 9	0,22	0,20	0,18	0,17
GC 10	0,24	0,21	0,19	
GC 11	0,20	0,18	0,16	0,14
GC 12		0,17	0,14	0,13
GC 13				
GC 14				
GC 15				
GC 16		0,15	0,14	
GC 17	0,14	0,11	0,10	0,09
GC 18		0,12		
GC 19				
GC 20	0,16	0,13	0,11	0,10
GC 21				
GC 22				
GC 23	0,15	0,13	0,11	0,10
GC 24				

Fonte: PBEdifica, 2022.

Em função do valor de CRCgTTD-A ser 9, os intervalos para classificação serão dados a cada 3% de redução de carga térmica.

4.7 Determinação dos parâmetros de entrada para cada zona térmica

Com os dados geométricos levantados a partir do projeto e das definições de zonas foi possível elaborar uma tabela contendo os parâmetros de entrada da edificação por zona térmica. Desta forma foi possível caracterizar o edifício real, conforme a Tabela 5, e o edifício em condições de referência, conforme tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros de entrada da edificação real por zona

Zona	BLOCO B					BLOCO A		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área da zona térmica (m²)	19,91	38,65	20,02	32,38	8,8	83,33	17,76	89,91
Tipo de zona térmica (perimetral/interna)	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Perimetral	Perimetral	Perimetral
Se existe contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Se a cobertura é voltada para o exterior	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de isolamento térmico no piso	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	SO	SE	NE	NO		SE	NE	NO
Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	40	40	40	40	40	40	40	40
Densidade de potência de iluminação (W/m²)	15	15	15	15	15	15	15	15
Fator solar do vidro (FS)	0,57	0,57		0,57		0,57		0,57
Uvidro (Transmitância térmica do vidro) W/(m².K)	5,7	5,7		5,7		5,7		5,7
Absortância solar da cobertura	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Absortância solar da parede	0,22	0,22	0,22	0,22		0,22	0,22	0,22
Pé-direito (m)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF)	0,82	0,96	0	0,1		0,17	0	0,14
AHS (Ângulo horizontal de sombreamento)	0	0	0	0		0	0	0
AVS (Ângulo vertical de sombreamento)	18,65	7,67	0	0		20,11	0	20,11
AOV (Ângulo de obstrução vizinha)	0	0	0	39,24		0	0	0
Horas de ocupação por dia (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12
Ucob (Transmitância térmica da cobertura) W/(m².K)	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,02	2,02	2,02
Upar (Transmitância térmica de parede externa) W/(m².K)	2,46	2,46	2,46	2,46		2,46	2,46	2,46
CTcob (Capacidade térmica da cobertura) kJ/(m².K)	180	180	180	180	180	21	21	21
CTpar (Capacidade térmica da parede) kJ/(m².K)	150	150	150	150		150	150	150

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 7 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona

Zona	BLOCO B					BLOCO A		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área da zona térmica (m²)	19,914	38,655	25,105	26,299	11	83,332	17,767	89,919
Tipo de zona térmica (perimetral/interna)	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Perimetral	Perimetral	Perimetral
Se existe contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Se a cobertura é voltada para o exterior	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de isolamento térmico no piso	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	SO	SE	NE	NO		SE	NE	NO
Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	40	40	40	40	40	40	40	40
Densidade de potência de iluminação (W/m²)	15	15	15	15	15	15	15	15
Fator solar do vidro (FS)	0,82	0,82	0,82	0,82		0,82	0,82	0,82
Uvidro (Transmitância térmica do vidro) W/(m².K)	5,7	5,7	0	5,7		5,7	0	5,7
Absortância solar da cobertura	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Absortância solar da parede	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
Pé-direito (m)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF)	0,14	0,14	0,14	0,14		0,14	0,14	0,14
AHS (Ângulo horizontal de sombreamento)	0	0	0	0		0	0	0
AVS (Ângulo vertical de sombreamento)	0	0	0	0		0	0	0
AOV (Ângulo de obstrução vizinha)	0	0	0	39,24		0	0	0
Horas de ocupação por dia (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12
Ucob (Transmitância térmica da cobertura) W/(m².K)	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
Upar (Transmitância térmica de parede externa) W/(m².K)	2,39	2,39	2,39	2,39		2,39	2,39	2,39
CTcob (Capacidade térmica da cobertura) kJ/(m².K)	233	233	233	233	233	233	233	233
CTpar (Capacidade térmica da parede) kJ/(m².K)	150	150	150	150		150	150	150

Fonte: Autor, 2022.

4.8 Classificação da Envoltória - projeto original

Com base nos resultados obtidos nos levantamentos posteriores de parâmetros de

entrada e utilizando a interface web para a estimativa de carga térmica de resfriamento anual da envoltória de edificações condicionadas artificialmente o Bloco A apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real ($C_{gTTreal}$) de 71.738,56 kWh/ano enquanto a condição de referência (C_{gTTref}) foi de 75.549,18 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória ($RedC_{gTT}$) foi de 5,04% e o coeficiente que representa os intervalos entre as classes é igual a 3.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 8 - Classificação final Bloco A

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	$RedC_{gTT} > 9$	$9 \geq RedC_{gTT} > 6$	$6 \geq RedC_{gTT} > 3$	$3 \geq RedC_{gTT} \geq 0\%$	$RedC_{gTT} < 0\%$

Fonte: Autor, 2022.

O Bloco B apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real ($C_{gTTreal}$) de 44.293,94 kWh/ano enquanto a condição de referência (C_{gTTref}) foi de 46.439,60 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória ($RedC_{gTT}$) foi de 4,62%.

Tabela 9 - Classificação final Bloco B

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	$RedC_{gTT} > 9$	$9 \geq RedC_{gTT} > 6$	$6 \geq RedC_{gTT} > 3$	$3 \geq RedC_{gTT} \geq 0\%$	$RedC_{gTT} < 0\%$

Fonte: Autor, 2022.

Ao realizar o procedimento utilizando os valores limites do percentual de abertura de fachada da zona térmica (PAF), indicados nos parâmetros de referência do método simplificado, o resultado da classificação se mantém em "C" para ambos os blocos. Onde o Bloco A apresenta os mesmos valores citados anteriormente. O Bloco B apresenta uma $C_{gTTreal}$ igual a 43.999,12 kWh/ano, a C_{gTTref} igual a 46439,60 kWh/ano, o $RedC_{gTT}$ igual a 5,25%.

4.9 Classificação da Envoltória – alteração da cobertura

A cobertura é um elemento que chamou atenção na avaliação da envoltória do edifício, a telha de fibrocimento presentes nos blocos do edifício atualmente possuem uma coloração similar a cor 23 com absorvância de $\alpha:61,01$, conforme exposto no Anexo Geral V da INI-C. Ao trocar esse sistema de cobertura por outro de cor predominantemente branca similar a cor 06 com absorvância de $\alpha:15,80$, conforme exposto no Anexo Geral V da INI-C, é possível aumentar a eficiência energética de todas as zonas do edifício. Veja na Tabela 10.

Tabela 10 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona (Cobertura alterada)

Zona	BLOCO B					BLOCO A		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área da zona térmica (m²)	19,91	38,65	20,02	32,38	8,8	83,33	17,76	89,91
Tipo de zona térmica (perimetral/interna)	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Perimetral	Perimetral	Perimetral
Se existe contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Se a cobertura é voltada para o exterior	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de isolamento térmico no piso	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	SO	SE	NE	NO		SE	NE	NO
Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	40	40	40	40	40	40	40	40
Densidade de potência de iluminação (W/m²)	15	15	15	15	15	15	15	15
Fator solar do vidro (FS)	0,57	0,57		0,57		0,57		0,57
Uvidro (Transmitância térmica do vidro) W/(m².K)	5,7	5,7		5,7		5,7		5,7
Absortância solar da cobertura	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Absortância solar da parede	0,22	0,22	0,22	0,22		0,22	0,22	0,22
Pé-direito (m)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF)	0,82	0,96	0	0,1		0,17	0	0,14
AHS (Ângulo horizontal de sombreamento)	0	0	0	0		0	0	0
AVS (Ângulo vertical de sombreamento)	18,65	7,67	0	0		20,11	0	20,11
AOV (Ângulo de obstrução vizinha)	0	0	0	39,24		0	0	0
Horas de ocupação por dia (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12
Ucob (Transmitância térmica da cobertura) W/(m².K)	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,02	2,02	2,02
Upar (Transmitância térmica de parede externa) W/(m².K)	2,46	2,46	2,46	2,46		2,46	2,46	2,46
CTcob (Capacidade térmica da cobertura) kJ/(m².K)	180	180	180	180	180	21	21	21
CTpar (Capacidade térmica da parede) kJ/(m².K)	150	150	150	150		150	150	150

Fonte: Autor, 2022.

A absorvância a ser considerada é de $\alpha:0,15$, entretanto a interface web para a determinação da carga térmica do metamodelo aceita o fator mínimo de $\alpha:0,20$.

Com a mudança da cobertura o Bloco A apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 63.514,31 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 75.549,18 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 15,92%.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 11 - Classificação final Bloco A (Cobertura modificada)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	$9 \geq \text{RedCgTT} > 6$	$6 \geq \text{RedCgTT} > 3$	$3 \geq \text{RedCgTT} \geq 0\%$	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

Com a mudança da cobertura o Bloco B apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 40.675,28 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 50.805,88 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 19,93%.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 12 - Classificação final Bloco B (Cobertura modificada)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	$9 \geq \text{RedCgTT} > 6$	$6 \geq \text{RedCgTT} > 3$	$3 \geq \text{RedCgTT} \geq 0\%$	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

4.10 Classificação da Envoltória – inserção de elementos de sombreamento vertical (AHS)

Os grandes planos de vidro presentes no Bloco B, precisamente nas zonas térmicas Z1 e Z2, podem ter sua influência negativa para área interna reduzida através de elementos de sombreamento verticais, cujo sua influência é medida por meio do AHS, conforme normativa. Veja na Tabela 13.

Tabela 13 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona (Com elemento de sombreamento vertical)

Zona	BLOCO B					BLOCO A		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área da zona térmica (m ²)	19,91	38,65	20,02	32,38	8,8	83,33	17,76	89,91
Tipo de zona térmica (perimetral/interna)	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Perimetral	Perimetral	Perimetral
Se existe contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Se a cobertura é voltada para o exterior	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de isolamento térmico no piso	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	SO	SE	NE	NO		SE	NE	NO
Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)	40	40	40	40	40	40	40	40
Densidade de potência de iluminação (W/m ²)	15	15	15	15	15	15	15	15
Fator solar do vidro (FS)	0,57	0,57		0,57		0,57		0,57
Uvidro (Transmitância térmica do vidro) W/(m ² .K)	5,7	5,7		5,7		5,7		5,7
Absortância solar da cobertura	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Absortância solar da parede	0,22	0,22	0,22	0,22		0,22	0,22	0,22
Pé-direito (m)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF)	0,82	0,96	0	0,1		0,17	0	0,14
AHS (Ângulo horizontal de sombreamento)	9,25	14,37	0	0		0	0	0
AVS (Ângulo vertical de sombreamento)	18,65	7,67	0	0		20,11	0	20,11
AOV (Ângulo de obstrução vizinha)	0	0	0	39,24		0	0	0
Horas de ocupação por dia (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12
Ucob (Transmitância térmica da cobertura) W/(m ² .K)	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,02	2,02	2,02
Upar (Transmitância térmica de parede externa) W/(m ² .K)	2,46	2,46	2,46	2,46		2,46	2,46	2,46
CTcob (Capacidade térmica da cobertura) kJ/(m ² .K)	180	180	180	180	180	21	21	21
CTpar (Capacidade térmica da parede) kJ/(m ² .K)	150	150	150	150		150	150	150

Fonte: Autor, 2022.

Com a inserção de elementos de sombreamento vertical o Bloco B apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 44.000,47 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 50.805,88 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 13,39%.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 14 - Classificação final Bloco B (Com elemento de sombreamento vertical)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	9 ≥ RedCgTT > 6	6 ≥ RedCgTT > 3	3 ≥ RedCgTT ≥ 0%	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

4.11 Classificação da Envoltória – inserção e modificação de elementos de sombreamento horizontal (AVS)

Diferentes planos de vidros em ambos os blocos da edificação não apresentam nenhum tipo de proteção solar. Assim como a proteção vertical a proteção horizontal é capaz de produzir um ganho significativo de eficiência energética da edificação, sua influência é

medida por meio do AVS, conforme normativa. Veja na Tabela 15:

Tabela 15 - Parâmetros de entrada da edificação na condição de referência por zona (Com elemento de sombreamento horizontal)

Zona	BLOCO B					BLOCO A		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área da zona térmica (m ²)	19,91	38,65	20,02	32,38	8,8	83,33	17,76	89,91
Tipo de zona térmica (perimetral/interna)	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Perimetral	Perimetral	Perimetral
Se existe contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Se a cobertura é voltada para o exterior	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de isolamento térmico no piso	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	SO	SE	NE	NO		SE	NE	NO
Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)	40	40	40	40	40	40	40	40
Densidade de potência de iluminação (W/m ²)	15	15	15	15	15	15	15	15
Fator solar do vidro (FS)	0,57	0,57		0,57		0,57		0,57
Uvídro (Transmitância térmica do vidro) W/(m ² .K)	5,7	5,7		5,7		5,7		5,7
Absortância solar da cobertura	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Absortância solar da parede	0,22	0,22	0,22	0,22		0,22	0,22	0,22
Pé-direito (m)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF)	0,82	0,96	0	0,1		0,17	0	0,14
AHS (Ângulo horizontal de sombreamento)	0	0	0	0		0	0	0
AVS (Ângulo vertical de sombreamento)	18,65	22,93	0	47,4		41,19		41,19
AOV (Ângulo de obstrução vizinha)	0	0	0	39,24		0	0	0
Horas de ocupação por dia (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12
Ucob (Transmitância térmica da cobertura) W/(m ² .K)	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,02	2,02	2,02
Upar (Transmitância térmica de parede externa) W/(m ² .K)	2,46	2,46	2,46	2,46		2,46	2,46	2,46
CTcob (Capacidade térmica da cobertura) kJ/(m ² .K)	180	180	180	180	180	21	21	21
CTpar (Capacidade térmica da parede) kJ/(m ² .K)	150	150	150	150		150	150	150

Fonte: Autor, 2022.

Com a inserção de elementos de sombreamento horizontal o Bloco A apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 71.369,41 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 75.549,18 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 14,07%.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 16 - Classificação final Bloco B (Com elemento de sombreamento horizontal)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	9 ≥ RedCgTT > 6	6 ≥ RedCgTT > 3	3 ≥ RedCgTT ≥ 0%	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

Com a inserção de elementos de sombreamento horizontal o Bloco B apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 43.657,19 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 50.805,88 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 14,07%.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 17 - Classificação final Bloco B (Com elemento de sombreamento horizontal)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	$9 \geq \text{RedCgTT} > 6$	$6 \geq \text{RedCgTT} > 3$	$3 \geq \text{RedCgTT} \geq 0\%$	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

4.12 Classificação da Envoltória – todas modificações propostas

Ao juntar todas as modificações propostas em uma única versão obtemos o seguinte quadro de parâmetros representado na Tabela 18.

Tabela 18 - Parâmetros de entrada da edificação real modificada por zona

Zona	BLOCO B					BLOCO A		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área da zona térmica (m²)	19,91	38,65	20,02	32,38	8,8	83,33	17,76	89,91
Tipo de zona térmica (perimetral/interna)	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Perimetral	Perimetral	Perimetral
Se existe contato com o solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Se a cobertura é voltada para o exterior	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Existência de isolamento térmico no piso	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	SO	SE	NE	NO		SE	NE	NO
Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	40	40	40	40	40	40	40	40
Densidade de potência de iluminação (W/m²)	15	15	15	15	15	15	15	15
Fator solar do vidro (FS)	0,57	0,57		0,57		0,57		0,57
Uvidro (Transmitância térmica do vidro) W/(m².K)	5,7	5,7		5,7		5,7		5,7
Absortância solar da cobertura	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Absortância solar da parede	0,22	0,22	0,22	0,22		0,22	0,22	0,22
Pé-direito (m)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Percentual de área de abertura de fachada da zona térmica (PAF)	0,82	0,96	0	0,1		0,17	0	0,14
AHS (Ângulo horizontal de sombreamento)	9,25	14,37	0	0		0	0	0
AVS (Ângulo vertical de sombreamento)	18,65	22,93	0	47,4		41,19		41,19
AOV (Ângulo de obstrução vizinha)	0	0	0	39,24		0	0	0
Horas de ocupação por dia (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12
Ucob (Transmitância térmica da cobertura) W/(m².K)	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,02	2,02	2,02
Upar (Transmitância térmica de parede externa) W/(m².K)	2,46	2,46	2,46	2,46		2,46	2,46	2,46
CTcob (Capacidade térmica da cobertura) kJ/(m².K)	180	180	180	180	180	21	21	21
CTpar (Capacidade térmica da parede) kJ/(m².K)	150	150	150	150		150	150	150

Fonte: Autor, 2022.

O Bloco A apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 63.106,68 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 75.549,18 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 16,4%.

A classificação de eficiência nestes parâmetros pode ser observada a seguir:

Tabela 19 - Classificação final Bloco A (Modificado)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	$9 \geq \text{RedCgTT} > 6$	$6 \geq \text{RedCgTT} > 3$	$3 \geq \text{RedCgTT} \geq 0\%$	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

O Bloco B apresentou uma carga térmica total anual em sua condição real (CgTTreal) de 39.761,48 kWh/ano enquanto a condição de referência (CgTTref) foi de 46.439,60 kWh/ano. O percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT) foi de 14,38% e o coeficiente que representa os intervalos entre as classes é igual a 3.

Tabela 20 - Classificação final Bloco B (Modificado)

	A	B	C	D	E
Classificação de Eficiência	RedCgTT > 9	$9 \geq \text{RedCgTT} > 6$	$6 \geq \text{RedCgTT} > 3$	$3 \geq \text{RedCgTT} \geq 0\%$	RedCgTT < 0%

Fonte: Autor, 2022.

5 RESULTADOS

A proposta principal deste trabalho foi avaliar o nível de eficiência energética da envoltória de um edifício de saúde público utilizando a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Através da análise realizada foi possível obter a classificação dos dois blocos do edifício, onde ambos apresentaram uma classificação nível “C”, este resultado reflete que a envoltória do edifício não possui boa eficiência energética aumentando a dependência dele com o uso de equipamentos de condicionamento artificial do ar para estabelecer um ambiente interno confortável para os usuários.

Observa-se que o edifício possui grandes planos de vidros expostos a radiação solar direta, esta condição contribui para que o ambiente interno necessite de equipamentos para sua refrigeração interna. Para mitigar essa condição foram propostas medidas construtivas de fácil execução sendo elas: elementos de sombreamento horizontais e verticais; e a substituição das telhas atuais por telhas de cor branca. Com essas ações juntas a classificação do edifício conseguiu atingir o nível “A”. Quando observamos as propostas de modificações separadas é possível observar outros panoramas. Com valores diferentes, os blocos do edifício atingem o nível “A” quando é proposto a alteração da cobertura por uma cuja cor predominante fosse próxima da cor branca indicada anteriormente, isso se deve ao fato de que o caminho do sol ao longo de seus solstícios possui baixa variação de angulação na região, fazendo com que a cobertura seja a superfície mais atingida pelos raios solares ao longo dos dias. Os planos de vidro são um problema a parte na edificação, em nenhum dos planos foi observado uma proteção solar eficiente, fazendo sentido propor elementos de proteção para os planos mais afetados das zonas térmicas. O Bloco B atinge o nível “A” quando são considerados elementos de proteção vertical com a angulação horizontal de sombreamento adequada, o mesmo não ocorre com os blocos quando é proposto apenas elementos de proteção horizontal, onde o Bloco A apresenta nível “C” e o Bloco B nível “A”, isso se deve ao fato do Bloco A possuir duas zonas com planos de vidros extremamente grandes e para que um elemento de sombreamento horizontal fosse plenamente eficiente teria que possuir dimensões que inviabilizariam a fácil execução do elemento, por outro lado

os planos de vidro do Bloco B foram bem atendidos pela proposta de intervenção.

Para além do objetivo principal, também foi feita uma revisão bibliográfica acerca do tema de eficiência energética, a fim de contextualizar sua relevância dentro dos procedimentos da construção civil. Também houve uma pesquisa específica da INI-C, focando principalmente na metodologia simplificada, está que apresentou uma limitação pontual acerca da inserção dos parâmetros de entrada, onde, o percentual de abertura da fachada por zona termina (PAF) estabelece um limite de 80%, e no objeto de estudo deste trabalho foi identificado duas zonas térmicas que esse coeficiente foi extrapolado, os valores foram de 82% e 96%. Os cálculos consideraram o edifício e seus parâmetros reais e foi respeitado o limite de 80% e a classificação teve pouca diferença final mantendo a classificação no nível "C".

Os dados geométricos e construtivos do edifício foram obtidos por meio do projeto do mesmo cedido pela Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Cacoal juntamente com levantamento feito no local.

Por fim a avaliação da envoltória feita pelo método simplificado da INI-C se demonstrou uma boa ferramenta para a estimativa de eficiência energética de um edifício utilizando como parâmetro seu consumo total anual de energia primária. Muita informação presente nos manuais ainda é de difícil compreensão, o que dificulta a adesão em massa do procedimento por parte dos projetistas, entretanto, a nova INI-C já apresenta uma estrutura de informações mais didática sua antecessora RTQ-C. Essas atualizações dos procedimentos para avaliação são de extrema importância para a popularização da avaliação em empreendimentos de todas as escalas no Brasil.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Dominique Nunes et al. A crise no fornecimento e distribuição de energia elétrica no Brasil em 2001: uma análise panorâmica com foco em na prevenção de eventos análogos futuros. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, p. 20080, 2022.

ANDRADE, Henrique José Caravita de. Análise da eficiência energética em edificações usando os métodos RTQ-C e INI-C. 2022.

COBELLA, O; YANNAS, S. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: 2009.

BRASIL. Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2001a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm>. Acesso em: 17 mai. 2022.

_____. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Instrução Normativa nº 2, de 04 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, ano151, n. 106, p. 102-103, Brasília, DF, 05 jun. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-04-de-junho-de-2014>. Acesso em: 27/06/2022.

_____. Decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019 - Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001b, 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-022/2019/Decreto/D9864.htm#art19.

_____. Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021. Aprova a Instrução Normativa Inmetro

para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Brasília: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro, 2021a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002707.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2022.

_____. 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. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20INI-C_JUN_V01.pdf. Acesso em: dez. 2021b.

_____. **PBE Edifica**. Disponível em: <<https://www.pbeedifica.com.br/inicio>>. Acesso em: 05 abril. 2022.

_____. **Produto 09 - Relatório Preliminar do Plano de Implementação da Compulsoriedade**, ELETROBRAS, 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F., **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 3ª Ed, 2014.

MEDEIROS, Helder Gattoni. **Método simplificado de avaliação de conforto térmico para ambientes ventilados naturalmente ou híbridos do INI-C: desempenho e limitações**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da UFMG, Belo Horizonte, 2021.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, **Balanco energético nacional – relatório final 2021, ano base 2020**, Empresa de Pesquisa energética, 2022.

PBE Edifica, **Sobre o PBE Edifica**, 2022 a. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre> Acesso em 27/06/2022.

PBE Edifica, **Nova INI**, 2022 b. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/nova-ini>. Acesso em 27/06/2022.

RODRIGUES, Géssica Mara et al. Análise de metodologias para avaliação da eficiência energética de edificações públicas. 2020.

O que tem na UBS. Programa Mais Médicos, sem data. Disponível em: <http://maismedicos.gov.br/o-que-tem-na-ubs>. Acesso em: 11/07/2022.