



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
COORDENACAO DO CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA



RENAN BERNARDO FERREIRA

ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA DO RTQ-C À INI-C PARA DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS

João Pessoa - PB
2025

RENAN BERNARDO FERREIRA

**ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA DO RTQ-C À INI-C PARA
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em
Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba
como parte dos requisitos necessários para a obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

João Pessoa
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *Campus* João Pessoa


F383a	Ferreira, Renan Bernardo. Adequação da metodologia do RTQ-C à INI-C para diagnóstico energético de edificações públicas / Renan Bernardo Ferreira. - 2025. 108 f. : il. TCC (Graduação – Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação da Paraíba / Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2025. Orientação: Prof ^o . Dr. Walmeran José Trindade Junior. 1.Eficiência energética. 2. Etiquetagem de edificações. 3. Gestão energética municipal. I. Título CDU 620.91:69.01(043)
-------	---

Bibliotecária responsável: Lucrecia Camilo de Lima – CRB 15/132


RENAN BERNARDO FERREIRA

ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA DO RTQ-C À INI-C PARA DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS


Trabalho aprovado em 08/06/2025 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MANOEL ALVES FILHO**
Data: 02/09/2025 15:33:00-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Manoel Alves Filho, Dr.
Banca Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 **FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA**
Data: 02/09/2025 15:42:07-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Franklin Martins Pamplona,
Banca Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 **WALMERAN JOSE TRINDADE JUNIOR**
Data: 02/09/2025 15:49:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Walmeran José Trindade Junior, Dr.
Orientador (a), IFPB

João Pessoa
2025

Dedico este trabalho à Evanielle Aureliano de Oliveira por me impulsionar a metas maiores que minha vã razão me permite ter.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela infinita misericórdia e graça manifestada em minha vida, pela bondade e fidelidade a cada passo de minha trajetória, por realizar renovo em mim por meio do Seu Santo Espírito e me salvar pela Sua morte e ressurreição. Para Ele é meu louvor e gratidão, toda honra e glória.

Em especial, agradeço à minha esposa, **Evanielle Aureliano de Oliveira**, por ter sido minha maior incentivadora durante todo este trabalho. Seu apoio incondicional, paciência e encorajamento foram fundamentais para que eu seguisse firme nesta caminhada. Sua presença ao meu lado me fortaleceu nos momentos de dificuldade e me motivou a dar o meu melhor.

Agradeço também à minha família e aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, palavras de incentivo e compreensão ao longo desta jornada. O carinho e a motivação de cada um foram essenciais para que eu pudesse concluir este trabalho com dedicação e perseverança.

A todos vocês, minha eterna gratidão!

RESUMO

Este trabalho propõe a adequação da metodologia de etiquetagem de edificações para a realização de diagnóstico energético, adaptando o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais (RTQ-C) à nova INI-C – Instrução Normativa do Inmetro para Classificação da Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Para tornar essa análise mais acessível, especialmente no contexto da gestão pública municipal, foi desenvolvida uma planilha computacional que possibilita a avaliação da eficiência energética de edificações públicas mesmo por usuários sem conhecimento técnico avançado. A ferramenta automatiza os cálculos exigidos pela norma, fornecendo um diagnóstico claro e objetivo, além de indicar possíveis melhorias no desempenho energético. Dessa forma, a proposta contribui para a otimização do consumo de energia, a redução dos custos operacionais e o fortalecimento de práticas sustentáveis na administração pública, oferecendo suporte estratégico à tomada de decisões na gestão energética de edifícios públicos.

Palavras-chave: Eficiência energética, etiquetagem de edificações, gestão energética municipal.

ABSTRACT

This study proposes the adaptation of the building energy labeling methodology for conducting energy diagnostics, aligning the Technical Quality Regulation for the Energy Efficiency Level of Commercial Buildings (RTQ-C) with the new INI-C – the Normative Instruction issued by Inmetro for the Classification of Energy Efficiency in Commercial, Service, and Public Buildings. To make this analysis more accessible, especially within the context of municipal public management, a computational spreadsheet was developed to enable the evaluation of energy efficiency in public buildings, even by users without advanced technical knowledge. The tool automates the calculations required by the standard, providing a clear and objective diagnosis along with recommendations for improving energy performance. In this way, the proposal contributes to optimizing energy consumption, reducing operational costs, and strengthening sustainable practices in public administration, offering strategic support for decision-making in the energy management of public buildings.

Keywords: Energy efficiency, building labeling, municipal energy management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Linha Evolutiva Da Eficiência Energética No Brasil	17
Figura 2 Áreas consideradas para Apcob – Área de projeção da cobertura; e Ape – Área de projeção da edificação	26
Figura 3 Zoneamento bioclimático brasileiro.....	27
Figura 4 Proteção solar horizontal com AVS de 45° e proteção solar vertical com AHS de 10°	29
Figura 5 Ângulos Horizontais de Sombreamento.....	29
Figura 6 Exemplos de circuitos com controle de acionamento perto das janelas	34
Figura 7 Exemplos de configurações de edificações com blocos interligados	37
Figura 8 Limite superior e inferior para cada classe.....	42
Figura 9 Demonstração das zonas onde a iluminação natural pode ser aproveitada	43
Figura 10 Divisão do controle de iluminação	44
Figura 11 ilustração da envoltória	45
Figura 12 Fluxograma para facilitar a compreensão dos limites	47
Figura 13 Relação de cores e suas absortâncias	48
Figura 14 Fluxograma de escolha da equação de IC	49
Figura 15 Ilustração do cálculo de IC	53
Figura 16 Exemplificação do pé direito de um ambiente	55
Figura 17 exclusão de ambientes de permanência transitória não condicionados artificialmente.....	58
Figura 18 Zonas térmicas do pavimento	59
Figura 19 Interface do metamodelo	60
Figura 20 Demonstração de comprimento e profundidade	63
Figura 21 Demonstração das aberturas das fachadas.....	63
Figura 22 Demonstração do ângulo de sombreamento.....	65
Figura 23 Demonstração de um centro urbano.....	66
Figura 24 Demonstração DE áreas Urbanas.....	67
Figura 25 Demonstração de área rural	68
Figura 26 Taxa de ocupação da área em que a edificação se encontra.....	68
Figura 27 Interface web.....	69
Figura 28 Resumo dos métodos de cálculo do condicionamento de ar.....	73
Figura 29 Tabela de eficiência energética disponíveis no site do Instituto Nacional de Metrologia.....	75
Figura 30 Interface Web para cálculo CSPF	75
Figura 31 Planilha de cálculo disponível no site do PBE Edifica	78
Figura 32 O percentual de redução do consumo de refrigeração	81
Figura 33 Imagem do preenchimento da fachada norte	82
Figura 34 Resultados da planilha de cálculos	83
Figura 35 Preenchimento da tabela referente a iluminação	85
Figura 36 Preenchimento da tabela referente a iluminação	86
Figura 37 Preenchimento das informações das fachadas para cálculo da envoltória.....	87
Figura 38 Resultados da Envoltória.....	87
Figura 39 Preenchimento do Metamodelo	88
Figura 40 Exemplo do preenchimento da iluminação e do condicionamento de ar.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resumo das mudanças entre os dois documentos.....	18
Tabela 2 Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.....	32
Tabela 3 Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente.....	33
Tabela 4 Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área da edificação.....	36
Tabela 5 Percentual de abertura Zenital.....	48
Tabela 6 Valores a serem utilizados para descobrir o ICmáxD.....	52
Tabela 7 Valores a serem utilizados para descobrir o ICmáxD.....	52
Tabela 8 Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.....	52
Tabela 9 Limite dos parâmetros relacionados ao contato com o solo.....	57
Tabela 10 Limite aplicado ao método simplificado para ambientes ventiladas naturalmente ou híbridas.....	61
Tabela 11 Fator de ponderação(k).....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- AVS – Ângulo Vertical de Sombreamento
- AHS – Ângulo Horizontal de Sombreamento
- CIL – Consumo de Iluminação
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
- EP – Eficiência Energética
- FS – Fator Solar
- GEE – Gases de Efeito Estufa
- IC – Indicador de Consumo
- ICenv – Indicador de Consumo da Envoltória
- ICmáxD – Indicador de Consumo Máximo para Nível D
- IFPB – Instituto Federal da Paraíba
- INI-C – Instrução Normativa do Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
- ISO – International Organization for Standardization
- NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
- PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem
- PIU – Potência de Iluminação em Uso
- PIT – Potência de Iluminação Total
- PASP – Potência de Ambientes sem Projeto Luminotécnico
- PAFT – Percentual de Abertura na Fachada Total
- PEE – Programa de Eficiência Energética
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
- SIEM – Sistema de Informação Energética Municipal
- Upar – Transmitância Térmica da Envoltória

SUMÁRIO

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Lista de Ilustrações.....	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
Sumário.....	xi
1 Introdução	14
1.1 Histórico da Normatização da eficiência energética no Brasil	15
1.2 Diferenças do RTQ-C para a INI-C.....	17
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo Geral.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
2 Fundamentação Teórica.....	21
2.1 Impactos da Crise Energética	21
2.2 Importância da Gestão Energética Municipal	22
2.3 Selo Procel de Eficiência Energética	23
2.4 Importância de uma Ferramenta para Cálculo da Eficiência Energética	23
3 Principais Mudanças em relação aos dois métodos.....	25
3.1 Envolvória	25
3.1.1 ÁREA DE PROJEÇÃO DA COBERTURA (Apcob) (m ²)	25
3.1.2 ÁREA DE PROJEÇÃO DA EDIFICAÇÃO (Ape) (m ²)	25
3.1.3 Área Total e Área Útil	26
3.1.4 Área da Envolvória	26
3.1.5 Zona Bioclimática	27
3.1.6 Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste	28
3.1.7 Percentual de Abertura Zenital (PAZ).....	28
3.1.8 Ângulo Sombreamento.....	28
3.1.9 Transmitância Térmica Upar(W/(m ² K)).....	30
3.2 Procedimento de Determinação da Eficiência da Iluminação.....	31
3.2.1 Procedimento para determinação da iluminação pelo método RTQ-C.....	32
3.2.1.1 Divisão dos circuitos de iluminação	33
3.2.1.2 Contribuição da luz natural.....	33
3.2.1.3 Desligamento automático do sistema de iluminação	34
3.2.1.4 Método da área do edifício	35
3.2.2 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PELO MÉTODO INI-C.....	36
3.2.2.1 Potência total de iluminação	38
3.2.2.2 Potência de iluminação total Método do Edifício Completo	40
3.2.2.3 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ILUMINAÇÃO	41
3.2.2.4 Classificação do sistema.....	41

3.2.2.5	Classificação e Condições de Elegibilidade para Eficiência de Sistemas de Iluminação.....	42
3.2.2.5.1	Aproveitamento da Contribuição de Luz Natural	43
3.2.2.5.2	Controle Local do Sistema de Iluminação.....	43
3.2.2.5.3	Desligamento Automático do Sistema de Iluminação	44
3.2.2.5.4	Requisitos para a Classificação Classe A.....	44
3.3	Procedimento para Determinar a Eficiência da Envoltória.....	45
3.3.1	Determinação da Envoltória pelo método RTQ-C.....	46
3.3.1.1	Cálculos da Envoltória Pelo Método RTQ-C.....	49
3.3.2	Determinação da Envoltória pelo método INI-C.....	53
3.3.2.1	aplicação do método simplificado para ambientes condicionados artificialmente	54
3.3.2.1.1	Geometria da Edificação.....	54
3.3.2.1.2	Paredes Externas.....	55
3.3.2.1.3	Cobertura.....	55
3.3.2.1.4	Vidros.....	56
3.3.2.1.5	Sombreamento.....	56
3.3.2.1.6	Ganhos de Calor Internos e Externos	56
3.3.2.1.7	Parâmetros de Contato com o Solo e Outras Condições.....	56
3.3.2.2	Zonas Térmicas	57
3.3.2.3	Metamodelo	59
3.3.2.4	aplicação do método simplificado para ambientes ventiladas naturalmente ou híbridas	61
3.3.2.4.1	Preenchimento dos Parâmetros Relacionados Clima	62
3.3.2.4.2	Preenchimento dos parâmetros relacionados à GEOMETRIA.....	62
3.3.2.4.3	Preenchimento dos Parâmetros Relacionados às paredes externas	64
3.3.2.4.4	Preenchimento dos Parâmetros Relacionados à cobertura.....	64
3.3.2.4.5	Preenchimento dos Parâmetros Relacionados aos vidros e sombreamento	65
3.3.2.4.6	Preenchimento dos Parâmetros Relacionados ao Fator de Correção do Vento.....	66
3.3.3	Considerações finais em relação a envoltória.....	70
3.4	Procedimento de Determinação da Eficiência do Condicionamento de AR	71
3.4.1	DETERMINAÇÃO DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO RTQ-C.....	71
3.4.2	Determinação do Condicionamento de AR Pelo Método INI-C.....	72
3.4.2.1	Sistemas com capacidade menor ou igual a 17,6 kW	74
3.4.2.2	Sistemas com capacidade superior a 17,6 kW	77
3.4.3	Considerações finais em relação ao condicionamento de ar	81
4	Evolução da planilha de cálculo	82
4.1	Envoltória	82
4.1.1	Funcionamento da Ferramenta para Avaliação da Envoltória	83
4.2	Iluminação	84
4.3	Condicionamento de ar.....	85
4.4	Utilização da planilha	86
4.4.1	Envoltória.....	86
4.4.2	Iluminação e condicionamento de AR.....	88
5	Considerações Finais.....	90

6	ANEXOS PLANILHA SENDO TESTADA EM EDIFÍCIOS REAIS PREFEITURA DE MALTA	91
6.1	Secretaria de agricultura	91
6.2	Secretaria de Educação	96
	Referências	102

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética refere-se ao uso racional e otimizado da energia, buscando o melhor desempenho possível de sistemas, processos e edificações com o menor consumo energético, reduzindo desperdícios e impactos ambientais. Segundo Dutra e Szklo (2008), o uso eficiente da energia representa um dos pilares para a sustentabilidade energética de longo prazo, pois atua diretamente na redução das emissões de gases de efeito estufa e na mitigação da crise energética.

No contexto das edificações, o consumo de energia é significativo devido às necessidades de iluminação, ventilação, climatização e operação de equipamentos. De acordo com Schmidt, Lamberts e Lamberts (2014), os edifícios públicos são grandes consumidores de energia e, muitas vezes, operam de forma ineficiente, o que evidencia a importância de estratégias voltadas à melhoria do desempenho energético. Soluções como isolamento térmico adequado, equipamentos eficientes e sistemas de controle e automação são fundamentais para alcançar resultados mais sustentáveis e econômicos.

Visando orientar e padronizar a avaliação da eficiência energética em edificações não residenciais, o Inmetro publicou em 2021 a INI-C – Instrução Normativa para a Classificação da Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. A norma estabelece critérios técnicos para etiquetagem energética, com base na comparação entre o consumo de energia primária de uma edificação real e de uma edificação de referência correspondente à classe D (INMETRO, 2021). A metodologia permite classificações globais ou parciais, considerando sistemas como envoltória, iluminação, climatização e aquecimento de água, e admite tanto métodos de cálculo simplificados quanto por simulação computacional, respeitando suas respectivas condições de aplicação.

Além da eficiência energética dos sistemas, a INI-C também aborda aspectos complementares, como o uso de fontes renováveis, a redução de emissões de CO₂, o consumo de água potável e as tipologias climáticas específicas dos municípios brasileiros. Isso permite um diagnóstico energético mais preciso, favorecendo intervenções técnicas alinhadas às condições regionais e à realidade de cada edificação.

Apesar da importância da normativa, sua aplicação prática enfrenta obstáculos, especialmente nas administrações públicas municipais. Conforme Silva et al. (2020), a gestão energética municipal é prejudicada pela escassez de pessoal qualificado e pela ausência de ferramentas acessíveis, dificultando a implementação de políticas públicas eficazes de

eficiência energética. Com isso, surge a necessidade de adaptar a INI-C ao contexto municipal, permitindo que gestores consigam utilizar a norma de forma estratégica e prática, mesmo sem profundo conhecimento técnico.

Diante desse cenário, este trabalho propõe a adequação da metodologia da INI-C para uso na gestão energética de edificações públicas municipais. Para isso, foi desenvolvida uma planilha computacional que automatiza os cálculos normativos, fornece diagnósticos energéticos claros e aponta melhorias viáveis. A proposta busca não apenas viabilizar a aplicação da norma, mas também fortalecer o planejamento energético local, contribuindo para a redução de custos operacionais e para a construção de uma gestão pública mais sustentável.

1.1 HISTÓRICO DA NORMATIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.

Traçando uma linha do tempo detalhada o programa PB Edifica, teve início em 2001, segundo o Decreto nº 4.059 (Brasil, 2001), a implementação de níveis mínimos de eficiência energética, conhecida como Lei de Eficiência Energética. Esse marco inicial foi essencial para estabelecer tanto o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) quanto o Grupo Técnico para a Eficientização de Energia nas Edificações do País (GT Edifica).

O GT Edificações desempenhou um papel fundamental desde sua criação em 2003, desenvolvendo procedimentos de avaliação da eficiência energética em edificações brasileiras e promovendo o uso racional de energia elétrica. Para atender às exigências do Decreto de 2001, foi instituído o PROCEL Edifica, consolidando os esforços para a eficiência energética no setor.

A criação, em 2005, da Secretaria Técnica de Edificações (STE) permitiu uma discussão técnica contínua, enquanto a formação da Comissão Técnica de Edificações (CTE) em 2006, integrada pelo Inmetro, definiu os processos para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Esses avanços estruturais foram cruciais para estabelecer bases sólidas de regulamentação e controle de eficiência energética no contexto das edificações brasileiras.

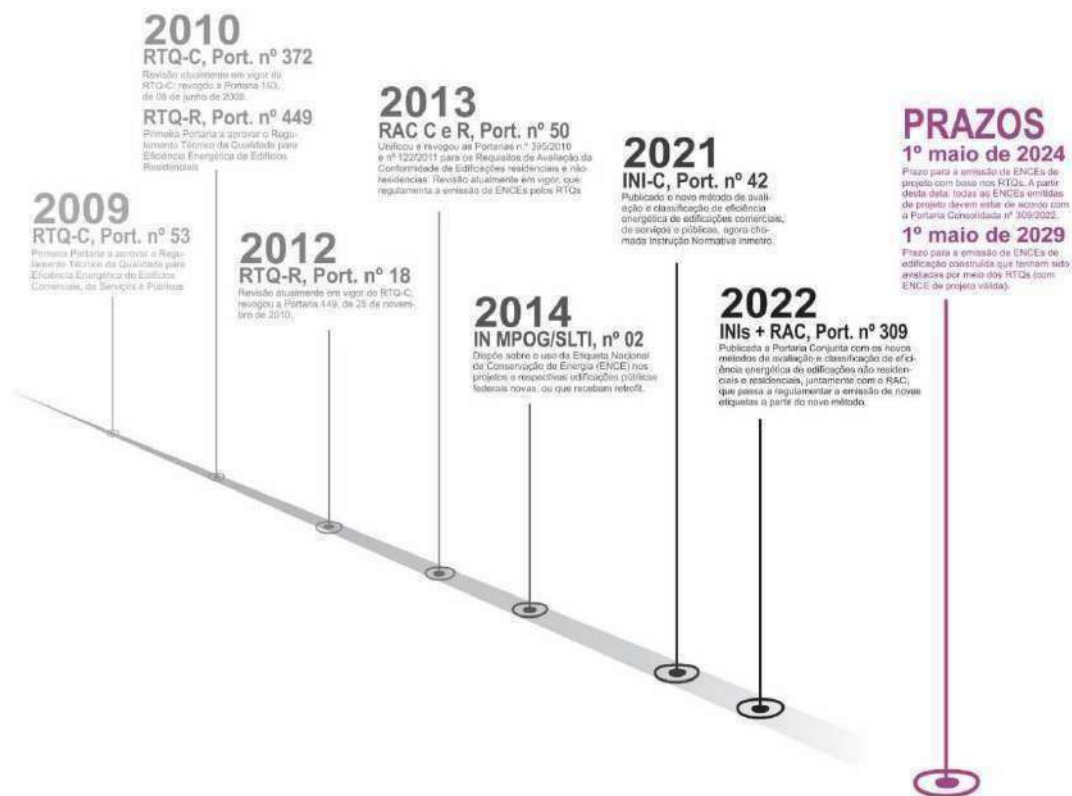
Oito anos após a promulgação da Lei de Eficiência Energética, em um esforço para padronizar e avaliar a conformidade energética no país, foram lançados o Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Comerciais, Serviços e Públicas (RTQ-C) e os Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC). O RTQ-C, atualmente regulado pela Portaria Inmetro nº 372/2010, complementada pelas Portarias nº 17/2012 e nº 299/2013, estabelece critérios

técnicos rigorosos para a eficiência energética nessas categorias de edificações. Paralelamente, o RAC, regido pela Portaria Inmetro nº 50/2013, define os procedimentos e exigências para a certificação de conformidade, garantindo padrões elevados de desempenho energético.

Em 2014, iniciou-se a revisão dos métodos de etiquetagem de edificações, culminando, em 2017, na consulta pública da primeira versão da Instrução Normativa do Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais e Serviços Públicos (INI-C). Este marco representa um avanço significativo na metodologia de avaliação, introduzindo critérios mais precisos e abrangentes para classificar a eficiência energética das edificações. A partir de 2018, revisões adicionais foram implementadas, incluindo adaptações à Norma de Desempenho de Edificações Residenciais (NBR 15575), visando melhorar a precisão das avaliações térmicas e garantir padrões mais altos de conforto e eficiência energética nas construções residenciais no Brasil.

Em 2020, o processo de consolidação da Diretriz Nacional de Conservação de Energia (DNC) pelo Inmetro, juntamente com a consulta pública da nova Instrução Normativa para Edificações Residenciais (INI-R) e as emendas da norma ABNT NBR 15575, marcou um período de significativa evolução nos métodos de avaliação e certificação da eficiência energética. Essas iniciativas evidenciam o compromisso contínuo do Brasil com a promoção de práticas construtivas sustentáveis e eficientes, em consonância com os padrões internacionais. Nesse contexto de avanços normativos, aguarda-se a publicação de uma portaria consolidada que integre a INI-C, a INI-R e o Regulamento de Avaliação da Conformidade (RAC) em um único documento normativo, o que representará um passo relevante para o fortalecimento da eficiência energética no setor de edificações, além de contribuir para a criação de um ambiente construído mais sustentável e economicamente viável para a sociedade brasileira, a figura 1 consegue evidenciar melhor o panorama evolutivo.

Figura 1 Linha Evolutiva Da Eficiência Energética No Brasil.



Fonte: (<https://pbeedifica.com.br/portariaconsolidada>, 2024).

1.2 DIFERENÇAS DO RTQ-C PARA A INI-C

O Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) desempenha um papel crucial na classificação da eficiência energética das edificações comerciais de serviços e públicas no Brasil. Desde sua implementação inicial em 2010, o RTQ tem evoluído significativamente, culminando na introdução da Instrução Normativa do Inmetro para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais de Serviços e Públicas (INI-C) em fevereiro de 2021. Esta nova normativa está programada para gradualmente substituir o RTQ ao longo dos próximos 24 meses, trazendo melhorias substanciais no método de avaliação.

A INI-C representa um avanço ao ampliar o escopo de avaliação para além dos equipamentos individuais, considerando os sistemas como um todo. Isso aumenta a precisão das medições de eficiência energética, especialmente com a introdução do indicador de consumo em quilowatt hora, alinhado diretamente com as faturas de energia, proporcionando uma análise mais precisa do consumo total da edificação. Além disso, a normativa incorpora o conceito de energia primária, permitindo a agregação de diversas fontes energéticas para

estimar o consumo total da edificação, o que é essencial para comparar a eficiência energética em relação a uma edificação de referência.

Outra mudança significativa é a introdução da edificação de referência, correspondente à classe D de eficiência energética. Este conceito, amplamente adotado em normativas internacionais, estabelece um padrão mínimo de eficiência energética para estimar o consumo da edificação real. Adicionalmente, a INI-C agora incorpora avaliações de uso racional de água, emissões de CO₂ e geração de energia renovável na classificação, refletindo uma abordagem mais abrangente para avaliar a sustentabilidade das edificações.

TABELA 1 Resumo Das Mudanças Entre os Documentos RTQ-C e INI-C.

RTQ-C		INI-C
1. Avaliação da envoltória por regressão linear		1. Avaliação da envoltória por redes neurais artificiais (simplificado – antigo prescritivo).
2. Avaliação por Equivalente numérico (EqNum);		2. Avaliação por consumo em energia primária;
3. Sem edificação de referência;		3. A edificação de referência é utilizada:
4. Geração de energia renovável e uso racional de água são considerados como bonificações;		4. Saem as bonificações e entram os informativos uso racional de água e emissões de dióxido de carbono. A geração de energia renovável considerada na classificação;
5. Não considera a influência do entorno.		5. A influência do entorno pode ser considerada;
6. Não é possível analisar o potencial da ventilação natural da edificação pelo método prescritivo.		6. É possível analisar o potencial de ventilação natural da edificação pelo método simplificado

Fonte: (Feita pelo autor).

A normativa também considera a influência do entorno na eficiência energética, abordando tanto iluminação quanto aspectos térmicos na INSEE. Isso permite uma análise mais completa das condições ambientais, contribuindo para uma avaliação mais precisa da eficiência energética das edificações. Além disso, a ventilação natural, uma estratégia essencial para o resfriamento passivo de ambientes no Brasil, é considerada na INSEE, simplificando sua análise. Esta abordagem não apenas ajuda a reduzir o consumo energético em comparação aos sistemas tradicionais de climatização, mas também representa um avanço significativo no

desenvolvimento de normativas que promovem a eficiência energética e a sustentabilidade nas edificações brasileiras.

Portanto, para os profissionais envolvidos na etiquetagem energética, é altamente recomendável adotar diretamente a INI-C devido à sua abordagem aprimorada e ao seu papel contínuo no cenário normativo por um período considerável. Estas mudanças refletem o compromisso do Brasil em promover edificações mais eficientes e sustentáveis, alinhadas com os padrões internacionais de eficiência energética.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é adequar a metodologia de etiquetagem de edificações RTQ-C e Procel Edifica à nova portaria e à metodologia INI-C, visando sua aplicação na gestão energética municipal, além de desenvolver uma ferramenta computacional inovadora e abrangente que utilize a Instrução Normativa do Inmetro (INI-C) como base para classificar e avaliar a eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos no Brasil.

Essa adequação busca garantir que a nova metodologia seja compatível com as diretrizes e exigências atualizadas, possibilitando uma avaliação mais eficiente e padronizada do desempenho energético das edificações. Paralelamente, a ferramenta computacional visa proporcionar uma análise detalhada e precisa do desempenho energético dos edifícios, incorporando métodos avançados de avaliação e considerando variáveis climáticas regionais. Com isso, pretende-se oferecer um suporte mais preciso à gestão energética municipal, apoiar políticas públicas voltadas à eficiência energética e incentivar práticas construtivas sustentáveis, contribuindo para a redução do consumo de energia no setor da construção civil nacional.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever a INI-C do Inmetro – Apresentar e detalhar os critérios, diretrizes e métodos definidos na Instrução Normativa INI-C, destacando sua estrutura e seu papel na avaliação da eficiência energética de edificações.

Explicar as diferenças entre a INI-C e o RTQC – Analisar e comparar os aspectos técnicos e metodológicos da INI-C em relação ao Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQC), evidenciando as principais mudanças e implicações para a etiquetagem energética.

Realizar a adequação metodológica – Desenvolver e ajustar a metodologia para compatibilizar a INI-C com a gestão energética municipal, permitindo a realização de diagnósticos energéticos precisos e adaptados às necessidades locais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A crise energética no Brasil é um fenômeno recorrente e multifacetado que afeta o país há décadas. Em 2021, o Brasil enfrentou a pior crise hídrica em 91 anos, causando níveis críticos nos reservatórios das hidrelétricas especialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste — responsáveis por cerca de 70% da capacidade hidráulica nacional (ARGENTA, 2021; FGV, 2021). Apesar de as hidrelétricas corresponderem à principal fonte da matriz elétrica brasileira, respondendo por aproximadamente 63% da geração de eletricidade em 2021 (GALILEU, 2021), essa dependência demonstra a vulnerabilidade do sistema a variações climáticas, em especial durante períodos prolongados de seca, comprometendo a segurança do abastecimento.

Além disso, o Brasil também depende de termelétricas, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as termelétricas fósseis representaram cerca de 6,9% da produção de energia elétrica no Brasil em 2023, sendo utilizadas sobretudo em momentos de escassez hídrica. Além disso, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) informa que as termelétricas foram responsáveis por cerca de 22,8% da capacidade instalada do sistema elétrico brasileiro em abril de 2025. Como utilizam combustíveis como diesel e gás natural, que são mais caros e poluentes, a operação dessas usinas para compensar a baixa dos reservatórios eleva os custos de geração e intensifica as emissões de gases de efeito estufa, agravando a crise energética.

2.1 IMPACTOS DA CRISE ENERGÉTICA

Os impactos da crise energética são amplos, recorrentes e profundamente sentidos na economia e na sociedade brasileira. Um dos efeitos mais imediatos é o aumento expressivo nas tarifas de energia elétrica, que atinge diretamente o consumidor final. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), a adoção da bandeira tarifária de escassez hídrica elevou em 49,6% o custo da energia elétrica em relação à já onerosa bandeira vermelha – patamar 2, gerando um impacto direto no orçamento das famílias e nos custos operacionais das empresas.

Esse encarecimento da energia influencia diretamente o poder de compra da população, além de provocar um efeito cascata sobre o setor produtivo, elevando os custos de produção industrial, pressionando os índices inflacionários e reduzindo a competitividade da economia nacional (SANTOS; CUNHA, 2022). A situação se agrava quando ocorrem episódios de racionamento ou apagões, como os verificados em 2001 e 2021, que não apenas comprometem

a atividade econômica, mas também afetam a qualidade de vida da população e colocam em risco setores essenciais como saúde, segurança e educação (CORRÊA; MARTINS, 2021).

Além dos prejuízos internos, a instabilidade no fornecimento de energia compromete a credibilidade internacional do país. Conforme destaca Oliveira et al. (2022), a insegurança energética mina a confiança de investidores estrangeiros, que passam a considerar o risco energético como um fator crítico na tomada de decisão para instalação de novos empreendimentos industriais ou de tecnologia intensiva no Brasil.

Diante desse cenário, torna-se evidente a urgência de estratégias voltadas à segurança e à eficiência energética. A adoção de políticas públicas e normativas que incentivem o uso racional da energia, aliadas ao investimento em fontes renováveis e ao fortalecimento da gestão energética, é fundamental para mitigar os efeitos da crise e construir uma base energética mais resiliente e sustentável para o país.

2.2 IMPORTÂNCIA DA GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL

A gestão energética municipal desempenha um papel essencial na promoção da eficiência energética, atuando diretamente na redução de custos operacionais, no aprimoramento da infraestrutura pública e na contribuição para a sustentabilidade ambiental. Nos edifícios públicos, práticas como o isolamento térmico, o uso de janelas eficientes, a iluminação de baixo consumo e sistemas de climatização otimizados demonstram impacto positivo demonstrado em análises técnicas de desempenho energético em edificações (EPE, 2021).

Além das melhorias construtivas, a adoção de sistemas inteligentes de monitoramento de consumo geram dados precisos que subsidiam a tomada de decisão e a verificação de economia energética em tempo real, conforme recomendações técnicas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021). Esses dados comprovam economias de 10 a 30% na conta de energia de edifícios governamentais após a implementação de ferramentas de gestão energética (EPE, 2021).

Sob a perspectiva ambiental, eficiência energética é um instrumento reconhecido pela ONU como meio de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (ONU, 2015). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) ressalta que políticas públicas locais de uso racional de energia aumentam a resiliência urbana frente às mudanças climáticas. Assim, municípios que investem em gestão energética se tornem exemplos em estratégias mais amplas de desenvolvimento sustentável (IPCC, 2022).

A consolidação de uma cultura energética eficiente no setor público municipal compõe um compromisso de longo prazo com a sustentabilidade urbana e a accountability governamental. Hospitais, escolas e centros administrativos que adotam tais medidas demonstram redução permanente de custos, promovem maior eficiência operacional e estimulam a replicação dessas práticas em outros setores (EPE, 2021; ONU, 2015).

2.3 SELO PROCEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Selo Procel de Eficiência Energética é um instrumento criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), coordenado pela Eletrobras em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Seu objetivo principal é orientar o consumidor sobre os níveis de eficiência energética de equipamentos eletrodomésticos e edificações, estimulando a escolha por produtos que consumam menos energia (ELETROBRAS, 2023).

A classificação é apresentada por meio de uma etiqueta informativa que atribui ao produto ou edificação uma nota de desempenho energético, organizada em faixas que vão de “A” (mais eficiente) até “F” (menos eficiente). Essa categorização permite uma comparação entre itens da mesma categoria e promove a racionalização do consumo de energia (INMETRO, 2022).

No contexto das edificações, o Selo Procel avalia critérios como a eficiência da envoltória (paredes, coberturas e aberturas), dos sistemas de iluminação e climatização, além de incorporar, em normativas mais recentes como a INI-C, aspectos relacionados à sustentabilidade e uso racional de recursos. Assim, a etiquetagem energética contribui diretamente para o planejamento de construções mais eficientes e reforça políticas públicas voltadas à conservação de energia elétrica.

2.4 IMPORTÂNCIA DE UMA FERRAMENTA PARA CÁLCULO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A crise energética enfrentada pelo Brasil reforça a necessidade de adoção urgente de práticas de eficiência energética, sobretudo em edificações públicas. Essas construções — como escolas, hospitais e escritórios governamentais — concentram uma parcela significativa do consumo energético nacional, podendo alcançar até 71% do total em climatização e iluminação (FERREIRA, 2020).

Para enfrentar esse cenário, é essencial empregar ferramentas que avaliem de forma precisa a eficiência energética dessas edificações. Ferramentas desse tipo permitem diagnóstico detalhado de desempenho e identificação de pontos críticos, facilitando a implementação de medidas corretivas que promovam redução de consumo e custos (OLIVEIRA, 2013). Estudos de caso comprovam que a aplicação de modelos de avaliação energética, mesmo com recursos simples, pode gerar economia significativa e orientar decisões estratégicas (FERREIRA, 2020; REVISTA SISTEMAS & GESTÃO, 2017).

Além disso, as normativas nacionais evoluíram significativamente. O Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), instituído em 2010, foi aperfeiçoado com a publicação da Instrução Normativa INI-C, pelo Inmetro, em 2021. A nova norma introduz indicadores mais precisos, como o consumo em kWh e energia primária, além de contemplar critérios de sustentabilidade como uso racional da água, emissões de CO₂ e possibilidade de geração local de energia (INMETRO, 2021).

Dessa forma, utilizar a INI-C como metodologia para análise da eficiência energética em prédios públicos fortalece o cumprimento de normas técnicas, amplia a sustentabilidade ambiental e permite melhor planejamento de gastos públicos. Essa modernização é um passo estratégico para que os municípios liderem, com dados e responsabilidade, a transição para uma gestão energética mais inteligente e eficiente (OLIVEIRA, 2013; INMETRO, 2021).

3 PRINCIPAIS MUDANÇAS EM RELAÇÃO AOS DOIS MÉTODOS

Antes de pontuar as diferenças entre os dois métodos, é importante explicarmos algumas variáveis para entender como elas influenciam nos cálculos.

3.1 ENVOLTÓRIA

A envoltória de um edifício refere-se à sua estrutura externa, incluindo paredes externas, telhado, janelas e portas. É a camada que separa o interior do edifício do ambiente externo, proporcionando proteção e isolamento térmico e acústico.

A envoltória desempenha um papel crucial na eficiência energética do edifício, uma vez que influencia a transferência de calor, a entrada de luz natural e a permeabilidade ao ar. Uma envoltória bem projetada e construída ajuda a minimizar a perda ou ganho de calor indesejado, proporcionando um ambiente interior confortável e reduzindo a necessidade de uso intensivo de sistemas de aquecimento e resfriamento.

3.1.1 ÁREA DE PROJEÇÃO DA COBERTURA (APCOB) (M²)

É uma medida que descreve a área total ocupada pela projeção horizontal da cobertura de um edifício ou estrutura. Em outras palavras, é a área que seria coberta pelo telhado se ele fosse projetado diretamente no plano do solo.

Para calcular a área de projeção da cobertura, considera-se a sombra que o telhado lança no solo quando a luz incide perpendicularmente a ele. É importante observar que a área de projeção da cobertura não leva em conta inclinações ou variações na geometria da cobertura, apenas considera a área plana que seria ocupada pela projeção horizontal.

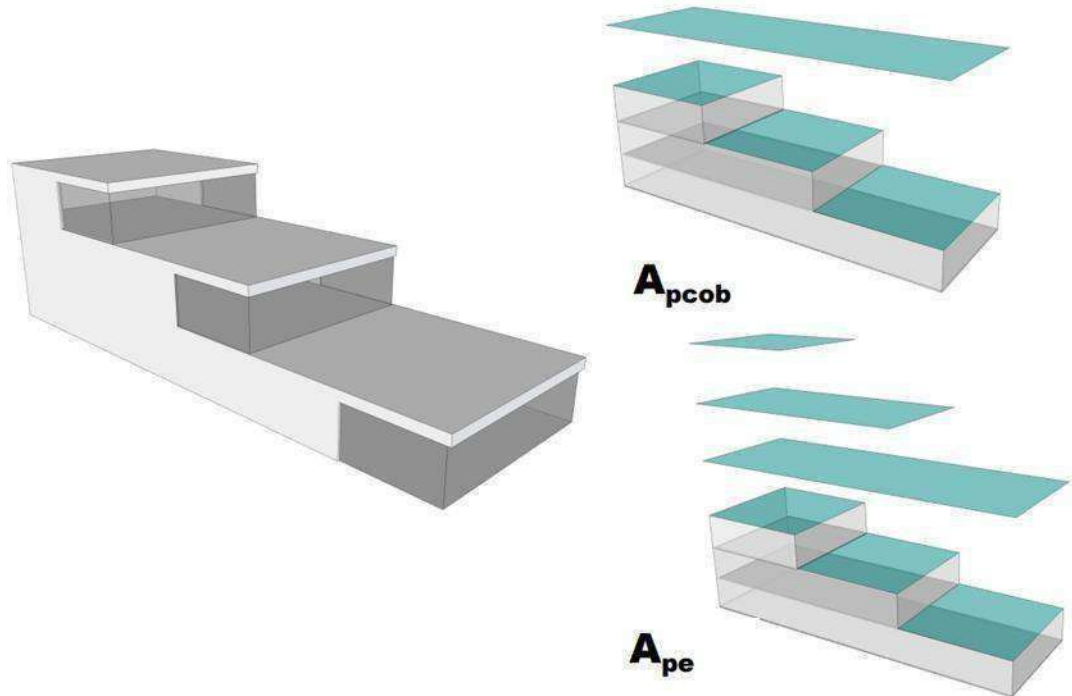
3.1.2 ÁREA DE PROJEÇÃO DA EDIFICAÇÃO (APE) (M²)

Em edifícios de formato regular, a área de projeção da edificação é igual à área de projeção da cobertura. Isso significa que a área ocupada pela projeção vertical das paredes externas no plano do solo é equivalente à área ocupada pela projeção horizontal da cobertura.

No entanto, em edifícios de formato irregular, a Ape é calculada de forma diferente. Nesses casos, a área de projeção da edificação é determinada pela média das projeções dos pavimentos individuais. Isso significa que para cada pavimento do edifício, a projeção vertical das paredes externas é calculada e a média dessas projeções é considerada como a Ape.

Na Figura 1, é ilustrada a diferença entre as áreas de projeção em edifícios. Essa representação visual nos permite visualizar claramente como as áreas de projeção podem variar de acordo com o formato e a geometria do edifício.

Figura 2 Áreas consideradas para A_{pcob} – Área de projeção da cobertura; e A_{pe} – Área de projeção da edificação.



Fonte: (Manual RTQ- C, 2024).

3.1.3 ÁREA TOTAL E ÁREA ÚTIL

A área total de piso é uma medida que engloba toda a superfície do piso de cada pavimento, incluindo as áreas ocupadas pelos ambientes internos e as áreas correspondentes à espessura das paredes externas. Ela representa a área total de construção da edificação, independentemente de sua utilidade ou função específica.

Em contraste, a área útil da edificação refere-se à área que pode ser efetivamente utilizada pelo usuário. Ela exclui áreas como paredes externas, áreas ocupadas por colunas estruturais, áreas de circulação vertical (escadas, elevadores) e outras áreas não aproveitáveis para atividades internas.

3.1.4 ÁREA DA ENVOLTÓRIA

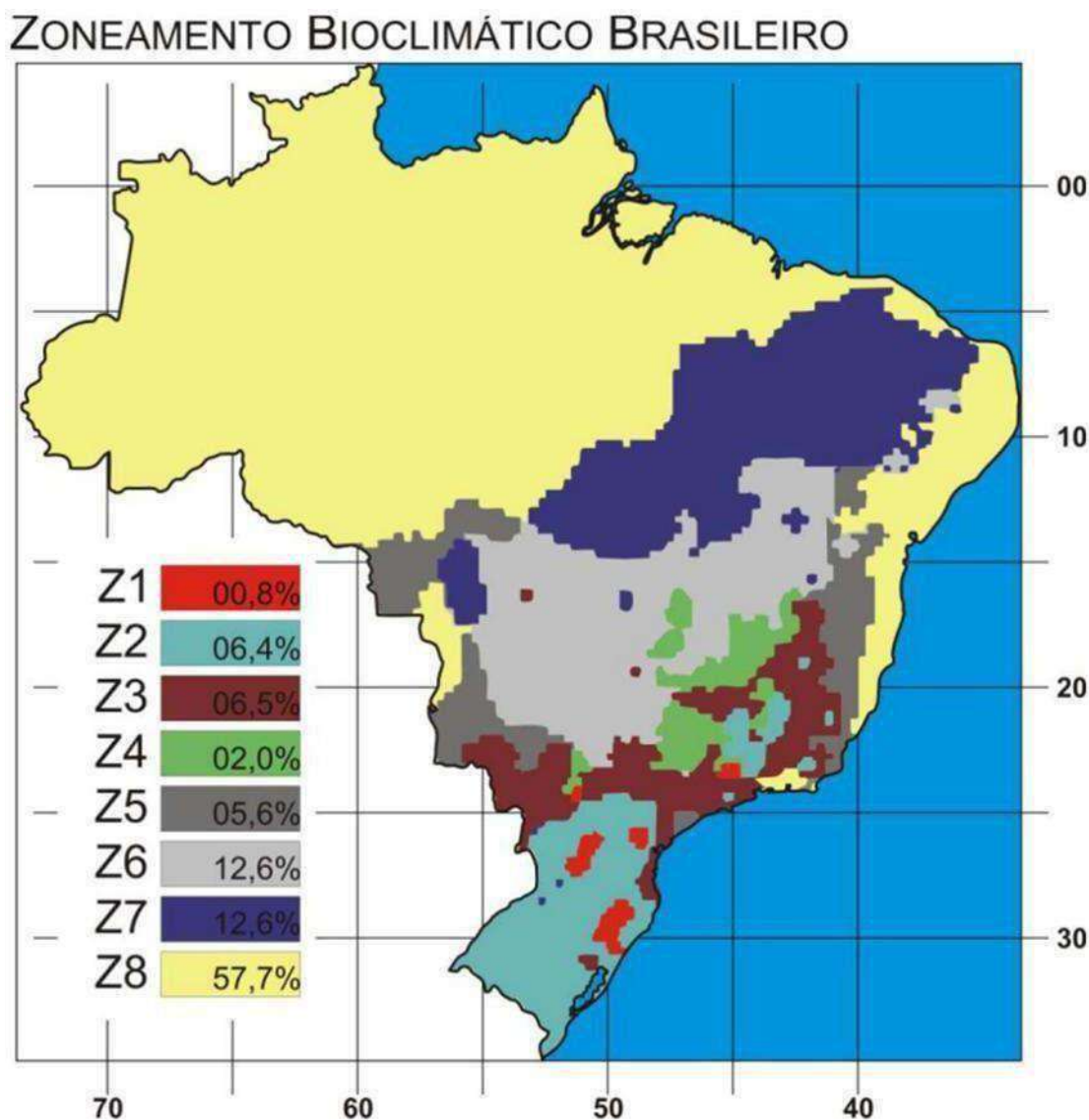
Refere-se à soma das áreas de superfície externa de um edifício, incluindo paredes externas, telhados, janelas, portas e outros elementos que compõem a envoltória do edifício. É a medida da superfície externa total da estrutura.

3.1.5 ZONA BIOCLIMÁTICA

É uma classificação utilizada para agrupar áreas geográficas com base em características climáticas similares que afetam o conforto térmico e a eficiência energética dos edifícios. Essas zonas são definidas levando em consideração fatores como temperatura, radiação solar, umidade, ventos e outras condições climáticas relevantes.

A Figura 3 mostra como estão distribuídas as zonas bioclimáticas pelo mapa do Brasil.

Figura 3 Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: (NBR 15.220-3).

3.1.6 PERCENTUAL DE ÁREA DE ABERTURA NA FACHADA OESTE

Refere-se à proporção ou porcentagem da superfície da fachada oeste de um edifício que é composta por aberturas, como janelas ou portas.

Ao calcular o percentual de área de abertura na fachada oeste, mede-se a área total das aberturas presentes nessa fachada e divide-se pelo total da área da fachada oeste. O resultado é expresso como uma porcentagem, que indica a quantidade de área ocupada pelas aberturas em relação à área total da fachada oeste.

3.1.7 PERCENTUAL DE ABERTURA ZENITAL (PAZ)

Refere-se à proporção ou porcentagem da área de um espaço que é ocupada por aberturas na cobertura, como claraboias, janelas zenitais ou outras formas de entrada de luz natural posicionadas no topo do edifício.

Esse percentual é calculado medindo-se a área total das aberturas zenitais na cobertura e dividindo-a pela área total do espaço no qual as aberturas estão localizadas. O resultado é expresso como uma porcentagem, indicando a quantidade de área ocupada pelas aberturas zenitais em relação à área total do espaço.

3.1.8 ÂNGULO SOMBREAMENTO

Nas fachadas dos edifícios, é comum encontrar aberturas que podem ser obstruídas por obstáculos, prejudicando a entrada de luz natural. Esses obstáculos costumam criar ângulos de sombreamento, tanto verticais quanto horizontais, que podem afetar significativamente a iluminação interna do edifício.

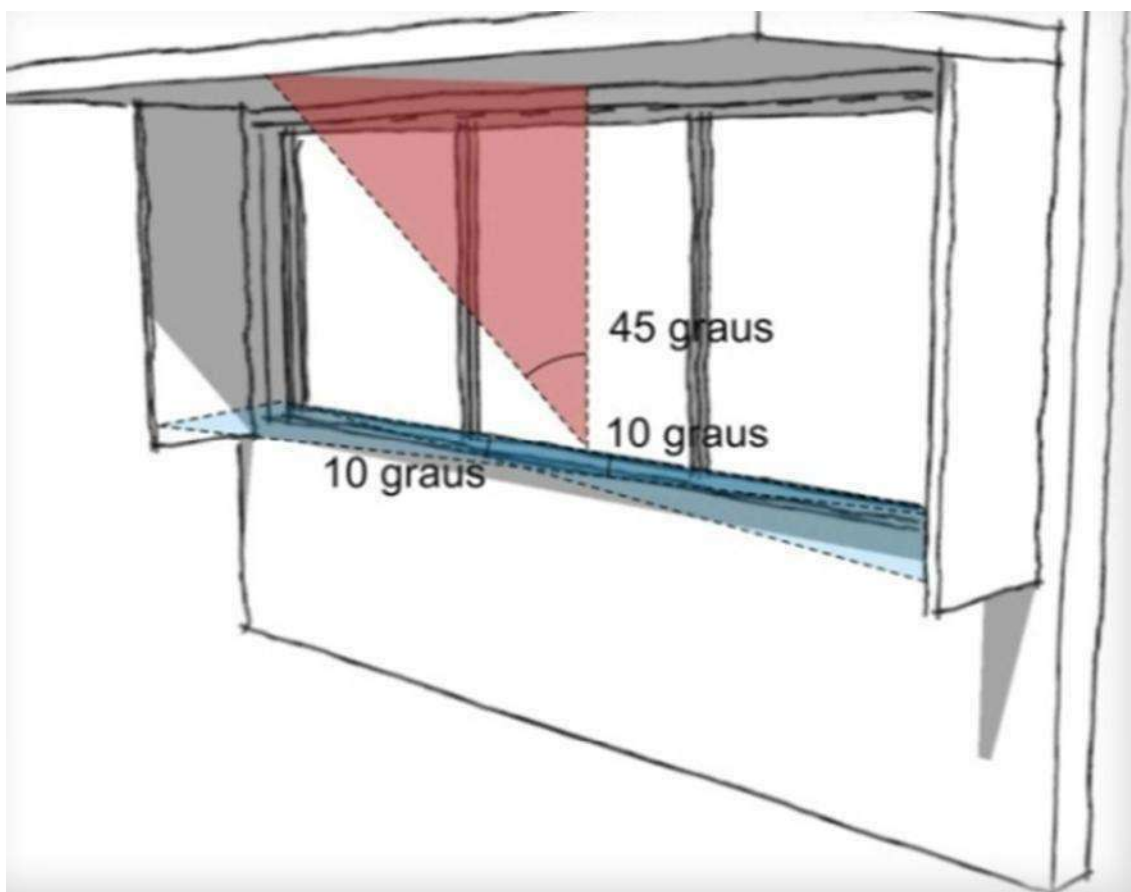
O ângulo horizontal de sombreamento é o ângulo formado entre a linha horizontal e a direção de incidência dos raios solares que podem causar sombreamento em um determinado local ou superfície. Esse ângulo é usado para determinar a projeção da sombra de objetos ou estruturas adjacentes em relação a uma área específica. Ele permite avaliar o potencial de sombreamento ao longo do dia e das estações do ano, considerando a trajetória do sol no céu.

Por outro lado, o ângulo vertical de sombreamento é o ângulo formado entre uma superfície vertical e a direção de incidência dos raios solares que podem causar sombreamento nessa superfície. Esse ângulo é relevante para determinar a extensão e a intensidade do sombreamento em uma superfície vertical, como uma fachada de um edifício ou uma janela.

Ele leva em conta a altura do sol em relação à superfície vertical em questão e varia ao longo do dia, dependendo da posição do sol no céu.

Observe que, na Figura 3, destacam-se os ângulos em azul, que representam o Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS), e o ângulo em vermelho, que representa o Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS).

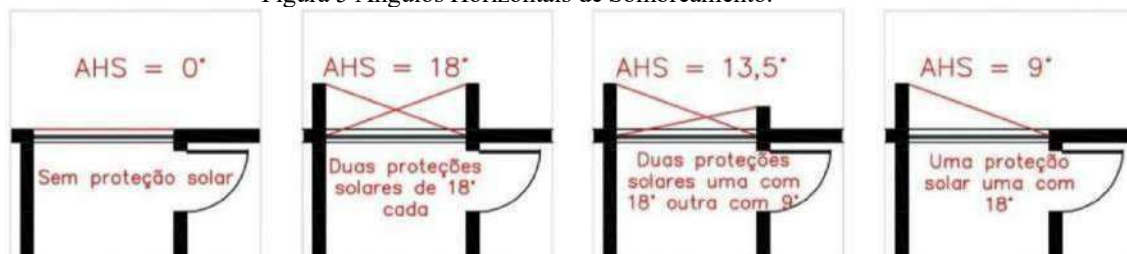
Figura 4 Proteção solar horizontal com AVS de 45° e proteção solar vertical com AHS de 10°.



Fonte: (Manual RTQ- C, 2024).

Uma informação adicional importante é que, caso haja uma obstrução em ambos os lados, o ângulo de sombreamento será igual à média dos dois ângulos, como ilustrado na Figura 4.

Figura 5 Ângulos Horizontais de Sombreamento.



Fonte: (Manual RTQ- C, 2024).

3.1.9 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA $U_{PAR}(W/(M^2K))$

A transmitância térmica das paredes é uma medida que quantifica a taxa de transferência de calor através das paredes de um edifício. Também conhecido como coeficiente de transmissão térmica (U_{par}), esse valor indica o quanto de calor é transmitido através da parede por unidade de área e diferença de temperatura.

A transmitância térmica das paredes é influenciada por vários fatores, incluindo a espessura e o tipo de material isolante utilizado, a condutividade térmica dos materiais da parede, a presença de camadas adicionais, como revestimentos ou isolamentos, e as características construtivas da parede, como pontes térmicas.

A medida é expressa em watts por metro quadrado por kelvin ($W/m^2 \cdot K$) e quanto menor o valor da transmitância térmica, melhor o isolamento térmico da parede. Uma baixa transmitância térmica indica que a parede é mais eficiente em restringir a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício, resultando em menor perda de calor no inverno e menor ganho de calor no verão.

O sistema de iluminação é uma das variáveis mais relevantes na avaliação da eficiência energética de edificações públicas, uma vez que representa parcela significativa do consumo energético total. Para sua análise, a INI-C (Instrução Normativa para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas) estabelece critérios baseados na potência instalada e no consumo real da edificação, permitindo aferir a eficiência por meio da comparação com uma edificação de referência correspondente à classe D.

A determinação da eficiência é realizada a partir da densidade de potência instalada (DPI), do consumo total de energia elétrica para iluminação (CIL) e da verificação de pré-requisitos relacionados ao uso racional da luz. Esses pré-requisitos incluem a divisão dos circuitos de iluminação, a contribuição da luz natural e o desligamento automático do sistema em ambientes desocupados.

Além disso, o método diferencia a potência das luminárias controladas manualmente daquelas automatizadas por sensores de presença ou fotossensores. Para os ambientes que ainda não possuem projeto luminotécnico ou em que o sistema não está instalado, a potência é estimada com base em valores padrão definidos pela norma, acrescidos de margem de segurança.

A avaliação também considera a tipologia dos espaços, o tempo de ocupação anual e a taxa de aproveitamento da iluminação natural. Quando o sistema atende simultaneamente a

critérios como controle setorializado, sensores e aproveitamento da luz do dia, pode-se alcançar níveis elevados de eficiência, com classificação até a classe A.

A metodologia adotada contempla tanto o método da área do edifício quanto o método por atividade, a depender da diversidade de usos do prédio. A equação para o cálculo do consumo real do sistema é baseada na multiplicação da potência instalada pelo número de horas e dias de operação anual, conforme a atividade exercida em cada ambiente.

Por fim, a comparação entre os consumos da edificação real e da referência determina o RedCIL (Redução do Consumo de Iluminação), valor essencial para posicionar a edificação dentro da escala de classificação energética. O atendimento aos critérios de elegibilidade, como presença de sensores e controle manual próximo às janelas, é indispensável para garantir a credibilidade da classificação final.

3.2 PROCEDIMENTO DE DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO.

O sistema de iluminação é uma das variáveis mais relevantes na avaliação da eficiência energética de edificações públicas, uma vez que representa parcela significativa do consumo energético total. Para sua análise, a INI-C (Instrução Normativa para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas) estabelece critérios baseados na potência instalada e no consumo real da edificação, permitindo aferir a eficiência por meio da comparação com uma edificação de referência correspondente à classe D.

A determinação da eficiência é realizada a partir da densidade de potência instalada (DPI), do consumo total de energia elétrica para iluminação (CIL) e da verificação de pré-requisitos relacionados ao uso racional da luz. Esses pré-requisitos incluem a divisão dos circuitos de iluminação, a contribuição da luz natural e o desligamento automático do sistema em ambientes desocupados.

Além disso, o método diferencia a potência das luminárias controladas manualmente daquelas automatizadas por sensores de presença ou fotossensores. Para os ambientes que ainda não possuem projeto luminotécnico ou em que o sistema não está instalado, a potência é estimada com base em valores padrão definidos pela norma, acrescidos de margem de segurança.

A avaliação também considera a tipologia dos espaços, o tempo de ocupação anual e a taxa de aproveitamento da iluminação natural. Quando o sistema atende simultaneamente a

critérios como controle setorializado, sensores e aproveitamento da luz do dia, pode-se alcançar níveis elevados de eficiência, com classificação até a classe A.

A metodologia adotada contempla tanto o método da área do edifício quanto o método por atividade, a depender da diversidade de usos do prédio. A equação para o cálculo do consumo real do sistema é baseada na multiplicação da potência instalada pelo número de horas e dias de operação anual, conforme a atividade exercida em cada ambiente.

Por fim, a comparação entre os consumos da edificação real e da referência determina o RedCIL (Redução do Consumo de Iluminação), valor essencial para posicionar a edificação dentro da escala de classificação energética. O atendimento aos critérios de elegibilidade, como presença de sensores e controle manual próximo às janelas, é indispensável para garantir a credibilidade da classificação final

3.2.1 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PELO MÉTODO RTQ-C

Os sistemas eficientes são determinados pela densidade de potência instalada (DPI) do sistema de iluminação. No entanto, há também outros métodos complementares, como pré-requisitos específicos para o sistema de iluminação, que garantem seu funcionamento apenas quando necessário.

Além da avaliação baseada na DPI, é fundamental implementar requisitos adicionais para otimizar a eficiência do sistema de iluminação. Isso pode incluir sensores de presença ou de luminosidade, que ativam ou ajustam a intensidade da iluminação somente quando detectam a necessidade real de iluminação nos ambientes.

Essas medidas contribuem significativamente para a redução do consumo de energia, evitando o desperdício e promovendo o uso consciente da iluminação nos espaços internos. Ao combinar diferentes métodos, é possível alcançar sistemas de iluminação mais eficientes e sustentáveis, resultando em economia de energia e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

O nível de eficiência está diretamente relacionado à quantidade de pré-requisitos que devem ser cumpridos. Quanto mais elevado o nível de eficiência buscado, maior será o número de pré-requisitos a serem atendidos. A Tabela 9 apresenta de forma clara quais são esses pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência do RTQ-C.

Tabela 2 Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	

Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		
--	-----	--	--

Fonte: (Manual RTQ- C, 2024).

3.2.1.1 DIVISÃO DOS CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO

O item relacionado à divisão de circuitos determina que cada ambiente deve dispor de, no mínimo, um dispositivo de controle manual para a iluminação interna, permitindo que os usuários ajustem o uso da luz de acordo com suas necessidades específicas. Esses dispositivos devem estar estrategicamente posicionados para proporcionar uma visão clara de todo o ambiente, facilitando o controle da iluminação.

Nas áreas com menos de 250 m², é permitido o uso de um único controle para todo o espaço. No entanto, para ambientes maiores, acima de 250 m², o RTQ-C sugere a divisão do sistema em parcelas menores, com no máximo 250 m² cada, e com controle independente. Essa abordagem de setorização visa evitar desperdício de energia em áreas pouco ocupadas, otimizando a eficiência na utilização da iluminação.

Já para ambientes com área superior a 1000 m², como galpões, a iluminação deve ser dividida em parcelas com áreas máximas de 1000 m², seguindo as diretrizes estabelecidas na Tabela 10. Essas medidas têm como objetivo incentivar o uso mais consciente da energia elétrica e contribuir para a redução do consumo em edifícios comerciais, de serviços e públicos.

Tabela 3 Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente.

Área total de piso do ambiente	Área máxima de piso da parcela iluminada por sistema com um controle independente
≤ 1000 m ²	250 m ²
>1000 m ²	1000 m ²

Fonte: (Manual RTQ- C, 2023).

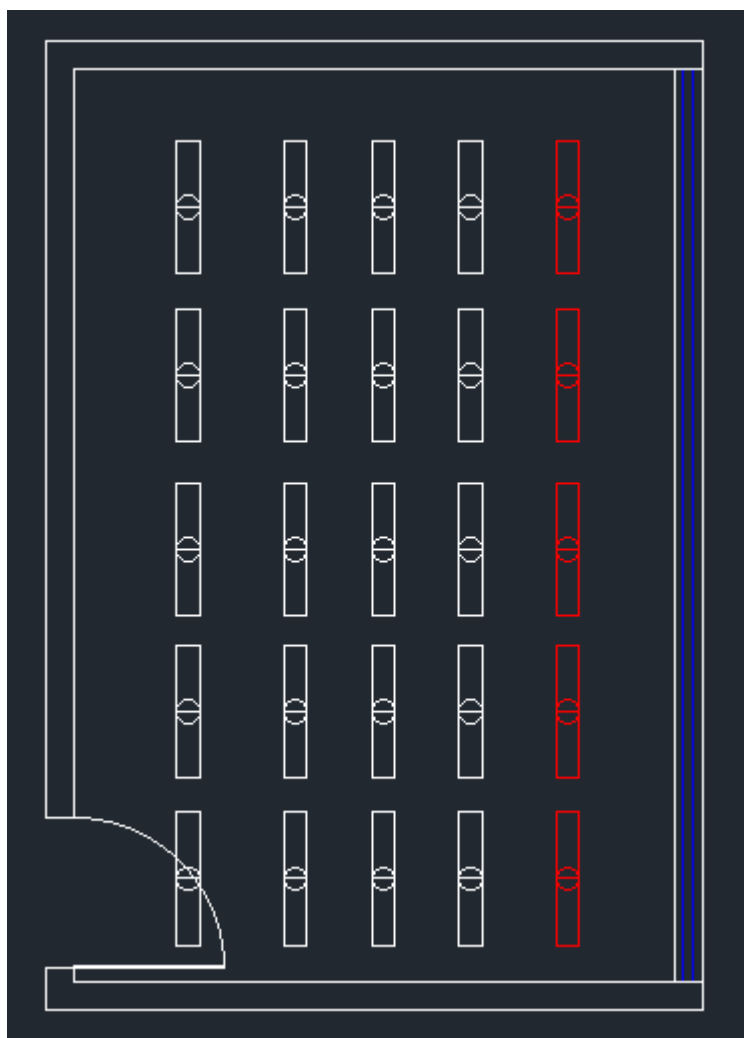
3.2.1.2 CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL

Em ambientes com aberturas voltadas para o ambiente externo, átrio não coberto ou com cobertura translúcida, e que contêm mais de uma fileira de luminárias paralelas às aberturas, é obrigatória a instalação de um controle, manual ou automático, para acionar independentemente a fileira de luminárias mais próxima da abertura. Essa medida visa possibilitar o aproveitamento da luz natural disponível, contribuindo para reduzir o consumo de energia.

É importante ressaltar que essa exigência não se aplica a unidades de edifícios de meios de hospedagem, que estão isentas desse pré-requisito. Para os demais ambientes, o controle das luminárias é essencial para otimizar o uso da luz natural, promovendo maior eficiência energética e favorecendo a iluminação adequada dos espaços internos.

A Figura 7 ilustra essa aplicação, demonstrando que as luminárias não precisam necessariamente estar alinhadas entre si, mas sim que o circuito de iluminação seja alinhado às janelas. Portanto, o posicionamento das luminárias também é um aspecto crucial a ser considerado no projeto luminotécnico.

Figura 6 Exemplos de circuitos com controle de acionamento perto das janelas.



Fonte: (Desenho feito no AutoCAD pelo próprio autor).

3.2.1.3 DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação interna em ambientes com área superior a 250 m² deve contar com um dispositivo de controle automático para o desligamento da iluminação. Esse dispositivo pode operar de acordo com uma das seguintes opções:

Um sistema automático com desligamento programado da iluminação em um horário pré-determinado. Nesse caso, é necessário ter uma programação independente para áreas com limite de até 2500 m².

Um sensor de presença que desliga a iluminação 30 minutos após a saída de todos os ocupantes. Receber um sinal de outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada, permitindo o desligamento automático da iluminação.

Existem exceções em relação ao desligamento automático da iluminação. As seguintes situações estão isentas dessa exigência:

Ambientes que precisam funcionar continuamente durante 24 horas, por razões específicas.

Ambientes destinados ao tratamento ou repouso de pacientes, onde a manutenção da iluminação é essencial para garantir a segurança e o bem-estar dos usuários.

Ambientes onde o desligamento automático da iluminação poderia representar comprovados riscos à integridade física dos ocupantes.

Caso o ambiente tenha uma área inferior a 250 m² e não conte com sistema de desligamento automático, considera-se que o pré-requisito foi atendido.

3.2.1.4 MÉTODO DA ÁREA DO EDIFÍCIO

O método da área do edifício estabelece limites de densidade de potência em iluminação para o edifício como um todo. Esses limites são determinados pelo regulamento e já consideram a presença de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos. Portanto, apenas os valores relacionados às atividades principais do edifício são utilizados nesse método.

No entanto, edifícios que possuam mais de três atividades principais devem ser avaliados pelo método das atividades, uma vez que essa situação descaracteriza a proporção entre as atividades principais e secundárias que estão embutidas nos limites. Além disso, quando uma garagem ocupa mais de 30% da área total da edificação ou quando a avaliação é feita de forma parcial, o Método da Área do Edifício não pode ser aplicado.

O cálculo da densidade de potência do edifício é realizado conforme a fórmula abaixo, e os resultados devem ser comparados com os valores presentes na Tabela 11.

$$D = PT / AT$$

Onde:

D: densidade de potência de iluminação(W/m²)

PT: Potência total da iluminação do edifício (W).

AT: Area Total do Prédio

Tabela 4 Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área da edificação.

Função da edificação	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: (Manual RTQ- C, 2023).

3.2.2 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PELO MÉTODO INI-C

O conjunto de equipamentos destinados à iluminação de uma edificação abrange não apenas as lâmpadas, mas também todos os dispositivos necessários para o bom funcionamento

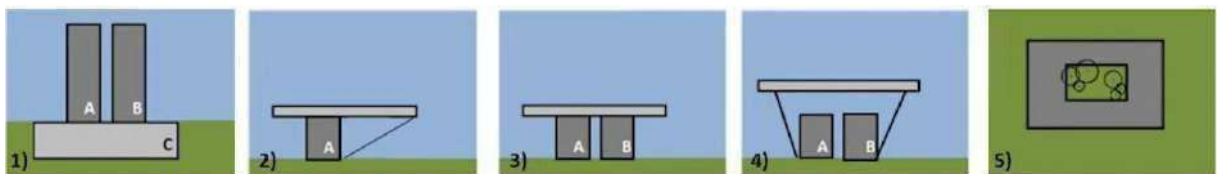
do sistema, tais como fontes de alimentação, interruptores, sensores e sistemas de automação, quando presentes. A classificação do sistema de iluminação é determinada pela potência instalada, considerando todos esses fatores em relação às áreas avaliadas. Devem ser incluídas tanto as áreas internas da edificação quanto as áreas externas cobertas que oferecem espaço utilizável.

Alguns pontos específicos merecem atenção para evitar dúvidas. Em edificações com subsolo compartilhado por dois blocos, a potência do subsolo deve ser distribuída proporcionalmente à área de cada bloco. A iluminação das coberturas cobertas deve ser incluída na avaliação e, se as coberturas forem compartilhadas, sua potência deve ser dividida entre os blocos. No caso de apenas uma parte de um bloco ser avaliada, a iluminação da cobertura pode ser desconsiderada se não fizer parte dessa parcela específica. Jardins abertos e teatros ao ar livre não são contabilizados, porém, jardins de inverno, que estão dentro da edificação, devem ter sua iluminação considerada.

Para a classificação do sistema, considera-se a iluminação dos ambientes internos e os itens abaixo:

- Iluminação dos ambientes localizados nos subsolos (1);
- Iluminação das coberturas (2);
- Coberturas compartilhadas por duas ou mais edificações deve ser ponderada pela área e potência dos blocos (3 e 4);
- Iluminação de jardins e átrios abertos/ventilados não deve ser considerado (5).

Figura 7 Exemplos de configurações de edificações com blocos interligados.



Fonte: (Nota Técnica referente à etiquetagem de edificações comerciais, de serviços e públicas em blocos.).

Adicionalmente, é importante definir as partes do sistema de iluminação que não devem ser contabilizadas. Em áreas externas, a iluminação de fachadas, marquises e circulações externas não é considerada. Para a iluminação interna, existem algumas exceções. A iluminação de destaque em museus e galerias deve ser contabilizada, assim como a iluminação especial para fins específicos, como em peças de teatro, crescimento de plantas e vitrines fechadas com divisórias. A iluminação de equipamentos, como geladeiras, equipamentos médicos,

expositores de alimentos, iluminação de emergência e sinalização, também deve ser incluída na avaliação.

Esses critérios garantem uma avaliação abrangente e precisa do sistema de iluminação, essencial para a classificação e eficiência energética da edificação.

3.2.2.1 POTÊNCIA TOTAL DE ILUMINAÇÃO.

A classificação geral do sistema de iluminação baseia-se na potência total instalada, que deve englobar todas as componentes dos conjuntos de luminárias presentes na edificação, incluindo lâmpadas, reatores, transformadores e sistemas de controle, conforme sua configuração efetiva (PIT_{real}). A potência total de iluminação da edificação resulta da soma de duas partes do sistema de iluminação: a parte sem controle automatizado e a parte das luminárias controladas por sensores. Se não houver sensores instalados, a parte controlada será nula, e a potência total de iluminação será equivalente à potência instalada sem controle automatizado.

Caso um mesmo espaço seja servido por dois ou mais sistemas de iluminação independentes, equipados com sistemas de controle que evitem o uso simultâneo, a avaliação da potência instalada para esse espaço deve considerar o sistema com maior potência instalada.

A potência de iluminação total da edificação real é calculada usando a seguinte equação:

Equação 1 potência de iluminação total

$$PI_{Treal} = \sum (PI_U) + \sum (PI) + P_{ASP}$$

Onde:

PIT_{real} é a potência de iluminação total (W);

PI_U é a potência de iluminação em uso (W);

PI é a potência de iluminação sem controle automatizado (W);

PASP é a potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico, ou, sem sistema instalado no momento da inspeção em campo da edificação (W), quando aplicável.

Para a classificação do sistema de iluminação, considera-se a potência instalada total, que é composta por três componentes principais:

1. Potência de Iluminação em Uso com Sensores: Esta parcela refere-se às luminárias equipadas com sensores que controlam a iluminação automaticamente, como sensores de presença e fotossensores. Pode-se utilizar a simulação da iluminação natural para verificar o impacto da luz natural na iluminação artificial.

2. Potência de Iluminação sem Sensores: Esta parcela abrange as luminárias que não possuem sensores e são controladas manualmente por interruptores.

3. Potência de Ambientes sem Projeto Luminotécnico: Esta parcela aplica-se a ambientes que não possuem um projeto luminotécnico definido ou onde o sistema de iluminação ainda não foi instalado. Nestes casos, deve-se atribuir a esses ambientes uma potência igual ao limite estabelecido para a classe, acrescida de cinquenta por cento do seu valor.

Para edificações que englobam diversas tipologias com diferentes períodos de ocupação, conforme detalhado no Anexo A, é fundamental realizar o cálculo individualizado da potência instalada total de iluminação para cada uma dessas tipologias. Essa diferenciação das potências por atividade é essencial para uma avaliação precisa do consumo de iluminação, considerando as particularidades de cada tipo de espaço e seu uso específico ao longo do dia.

Em casos em que os ambientes não têm um projeto luminotécnico estabelecido ou onde o sistema de iluminação não está operacional durante a inspeção de campo, a potência de iluminação da condição real desses ambientes deve ser determinada utilizando a seguinte equação:

Equação 2 potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico

$$P_{ASP} = (1,5 \cdot P_{ILD})$$

Onde:

P_{ASP} é a potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico, ou, sem sistema instalado no momento da inspeção em campo da edificação (W);

P_{ILD} é a potência de iluminação limite para a classificação D (W).

A potência de iluminação em uso pode ser calculada pelo método simplificado ou por meio da simulação da iluminação natural. Independentemente do método escolhido, deve-se ajustar a potência apenas para as luminárias que possuem sensores. No método simplificado, a potência dessas luminárias é ajustada conforme o tipo de sensor a que estão conectadas. Caso estejam conectadas a mais de um tipo de sensor, deve-se utilizar o sensor com o menor fator de ajuste de potência.

Esta abordagem permite uma avaliação precisa e detalhada da eficiência energética do sistema de iluminação, assegurando que todos os aspectos relevantes sejam considerados na classificação e no planejamento energético da edificação.

3.2.2.2 POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO TOTAL MÉTODO DO EDIFÍCIO COMPLETO

Para a classificação do sistema de iluminação, é essencial calcular a potência de iluminação limite para as classes A e D do edifício completo. Este cálculo envolve multiplicar a área da edificação destinada a cada atividade específica pela respectiva potência limite.

Essa metodologia assegura que a classificação do sistema de iluminação leve em consideração as diferentes áreas e suas respectivas funções dentro do edifício, proporcionando uma avaliação precisa e adequada do consumo energético.

A determinação do percentual de redução do consumo de iluminação (RedCIL) é essencial para avaliar o impacto das medidas de eficiência energética implementadas em uma edificação. Este cálculo é realizado comparando os valores de consumo de iluminação na condição real da edificação (CIL_{real}) com os valores na condição de referência equivalente à classe D (CIL_{refD}). A equação utilizada para calcular o RedCIL é a seguinte:

Equação 3 Percentual De Redução Do Consumo De Iluminação (%);

$$RedCIL = \left(\frac{CIL_{refD} - CIL_{real}}{CIL_{refD}} \right) \times 100\%$$

Onde:

RedCIL é o percentual de redução do consumo de iluminação (%);

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

CIL_{real} é o consumo de iluminação da edificação real (kWh/ano).

A redução do consumo de energia elétrica será apresentada na etiqueta de eficiência energética, indicando a economia de energia do sistema de iluminação da edificação avaliada em comparação com uma condição de referência correspondente à classificação D.

O cálculo da redução do consumo é realizado através da comparação entre o consumo do sistema real e o consumo do sistema de referência. O consumo real é calculado com base na potência total do sistema de iluminação e no período de ocupação, considerando horas por dia e dias por ano, conforme a tipologia da edificação. Por sua vez, o consumo de referência é determinado utilizando o mesmo período de ocupação, mas com a potência correspondente à classe D.

Ambos os valores de consumo são utilizados para o cálculo da classificação geral do sistema de iluminação, permitindo uma avaliação precisa da eficiência energética da edificação. Essa metodologia assegura que a classificação do sistema de iluminação leve em consideração as diferentes áreas e suas respectivas funções dentro do edifício, proporcionando uma avaliação precisa e adequada do consumo energético.

3.2.2.3 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ILUMINAÇÃO

O consumo de energia elétrica do sistema de iluminação da edificação real ($C_{IL,real}$) é um aspecto crucial na avaliação da eficiência energética. Para calcular o $C_{IL,real}$, multiplica-se a potência total de iluminação instalada pelo tempo de uso específico, que varia conforme a categoria e o uso da edificação. Esta relação é expressa pela seguinte equação:

Equação 4 Consumo Do Sistema De Iluminação Da Edificação Real

$$C_{IL,real} = (PI_T \cdot h \cdot N_{ano})/1000$$

Onde:

$C_{IL,real}$ é o consumo do sistema de iluminação da edificação real (kWh/ano);

PI_T é a potência de iluminação total instalada (W);

h são as horas de uso da edificação por dia, conforme tipologia das tabelas do Anexo A;

N_{ano} é o número de dias de ocupação ao ano, conforme tipologia das tabelas do Anexo A.

Os consumos de energia elétrica do sistema de iluminação da edificação em suas condições de referência ($C_{IL,refD}$) e referência equivalente à classificação A ($C_{IL,refA}$) são calculados multiplicando-se a potência de iluminação limite para as classificações D e A ($PILD$ e $PILA$) pelo tempo de uso correspondente. Esta relação é expressa pela Equação:

Equação 5 Consumo do Sistema de Iluminação das Condições de Referência Equivalentes

$$C_{IL,refD e A} = (PILD \cdot h \cdot N_{ano})/1000$$

Onde:

$C_{IL,ref}$ é o consumo do sistema de iluminação das condições de referência equivalentes à classificação D ($C_{IL,refD}$) e classificação A ($C_{IL,refA}$) (kWh/ano);

PIL é a potência de iluminação limite para a classificação D ($PILD$) e classificação A ($PILA$) (W);

h são as horas de uso da edificação por dia, conforme tipologia das tabelas do Anexo A;

N_{ano} é o número de dias de ocupação ao ano, conforme tipologia das tabelas do Anexo A.

3.2.2.4 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA.

A classificação do sistema de iluminação é realizada por meio da comparação entre a redução do consumo do sistema e os valores de consumo estabelecidos para as classificações A e D. O processo inicia com a construção da escala de classificação, que envolve o cálculo do coeficiente de intervalo entre as diferentes classificações, utilizando a equação apropriada.

Equação 6 Cálculo do coeficiente de intervalo entre as diferentes classificações

$$i = \frac{((C_{IL,ref D} - C_{IL,ref A}) / C_{IL,ref D}) \times 100}{3}$$

Após esse cálculo, determinam-se os limites superior e inferior para cada classe. Para definir a classificação do sistema, é verificado em qual faixa de consumo a redução do sistema se enquadra.

Essa abordagem garante que a classificação do sistema de iluminação seja fundamentada em uma análise detalhada e precisa, possibilitando uma avaliação adequada da eficiência energética da edificação.

Figura 8 Limite superior e inferior para cada classe.

	A	B	C	D
Classificação de Eficiência	$RedC_{IL} > 3i$	$3i \geq RedC_{IL} > 2i$	$2i \geq RedC_{IL} > i$	$RedC_{IL} \leq i$

Fonte: (Instrução Normativa Inmetro para edificações comerciais, de serviços e públicas - INI-C)

3.2.2.5 CLASSIFICAÇÃO E CONDIÇÕES DE ELEGIBILIDADE PARA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

A classificação de sistemas de iluminação exige atenção às condições de elegibilidade, que representam critérios fundamentais para garantir a eficiência energética do sistema. O atendimento a esses critérios é indispensável para que o sistema alcance a classificação Classe A. O não cumprimento dos requisitos resulta em uma classificação inferior.

No caso específico de sistemas de iluminação, três condições principais devem ser atendidas:

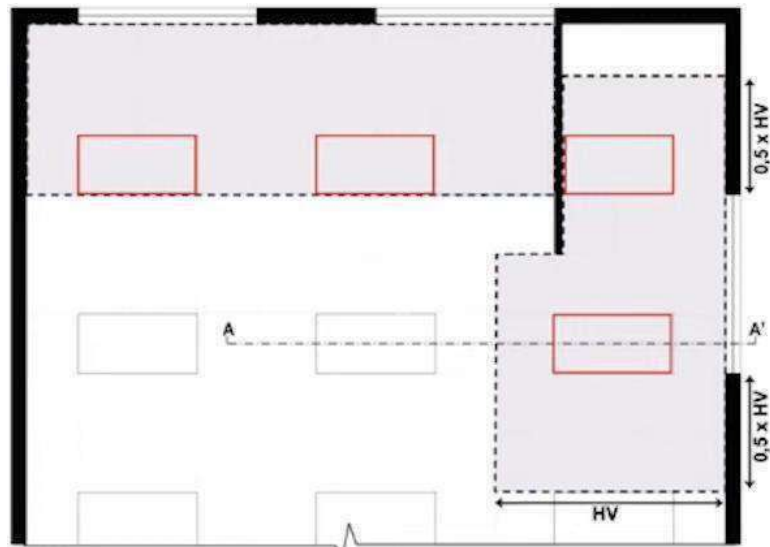
1. Aproveitamento da contribuição de luz natural
2. Controle local do sistema de iluminação
3. Desligamento automático do sistema

A seguir, cada uma dessas condições é detalhada, com base em sua relevância para a eficiência e as normas de desempenho.

3.2.2.5.1 APROVEITAMENTO DA CONTRIBUIÇÃO DE LUZ NATURAL

A contribuição de luz natural busca a utilização eficiente de áreas com potencial para iluminação natural, de modo que esta complemente a iluminação artificial. Para cumprir esse requisito, as luminárias localizadas na zona primária de iluminação natural devem ser equipadas com controles independentes do restante do ambiente. Esses controles podem ser interruptores ou sensores automáticos, como foto sensores.

Figura 9 Demonstração das zonas onde a iluminação natural pode ser aproveitada.



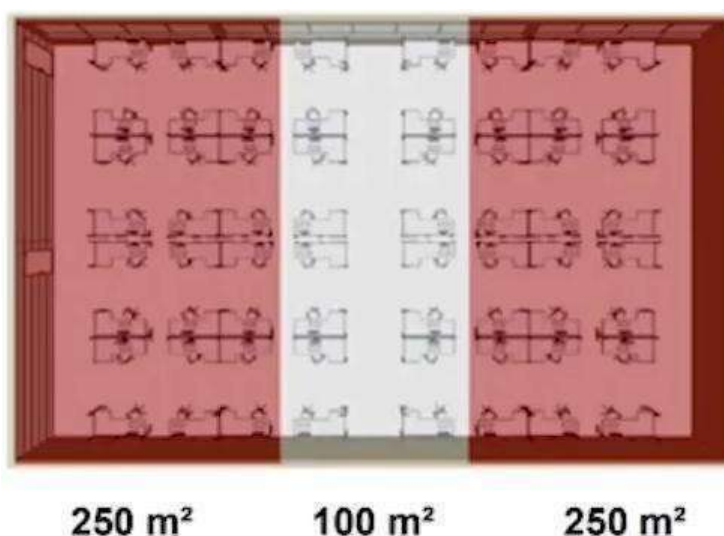
Fonte: (Manual INI-C, Definições).

3.2.2.5.2 CONTROLE LOCAL DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O controle local do sistema de iluminação é uma medida destinada a garantir a operação parcial do sistema, evitando o desperdício de energia ao manter o ambiente totalmente iluminado de forma desnecessária. As especificações para atender a essa condição incluem:

1. A cada controle deve corresponder uma área menor ou igual a 250 m².
2. Em ambientes maiores que 1.000 m², é obrigatório limitar o controle a, no máximo, 1.000 m² por área.
3. Ambientes críticos, como aqueles relacionados à segurança, podem ter exceções. Por exemplo, áreas de circulação em garagens e locais equipados com sensores de ocupação podem possuir configurações específicas.
4. Em ambientes de acesso restrito, os interruptores devem estar posicionados em locais acessíveis exclusivamente a funcionários responsáveis.

Figura 10 Divisão do controle de iluminação.



Fonte: (Manual INI-C, Definições).

3.2.2.5.3 DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O desligamento automático é um mecanismo que visa evitar que a iluminação permaneça acionada em ambientes desocupados, contribuindo significativamente para a economia de energia. Este critério é aplicável a ambientes com área superior a 250 m², com as seguintes exceções:

1. Ambientes que operam 24 horas, como áreas de tratamento, repouso ou segurança.
2. Espaços onde o desligamento automático possa comprometer a funcionalidade ou a segurança.

Os sistemas de automação devem atender aos seguintes critérios:

1. Adotar programação por horário, sensores de presença ou sistemas de alarme que detectem áreas desocupadas.
2. Garantir programações independentes para áreas superiores a 2.500 m² por pavimento.
3. Implementar programações específicas para dias úteis, finais de semana e feriados, garantindo flexibilidade operacional.

3.2.2.5.4 REQUISITOS PARA A CLASSIFICAÇÃO CLASSE A

Para que o sistema de iluminação receba a classificação Classe A, as três condições (contribuição de luz natural, controle local e desligamento automático) devem ser atendidas em, no mínimo, 90% da potência instalada do sistema.

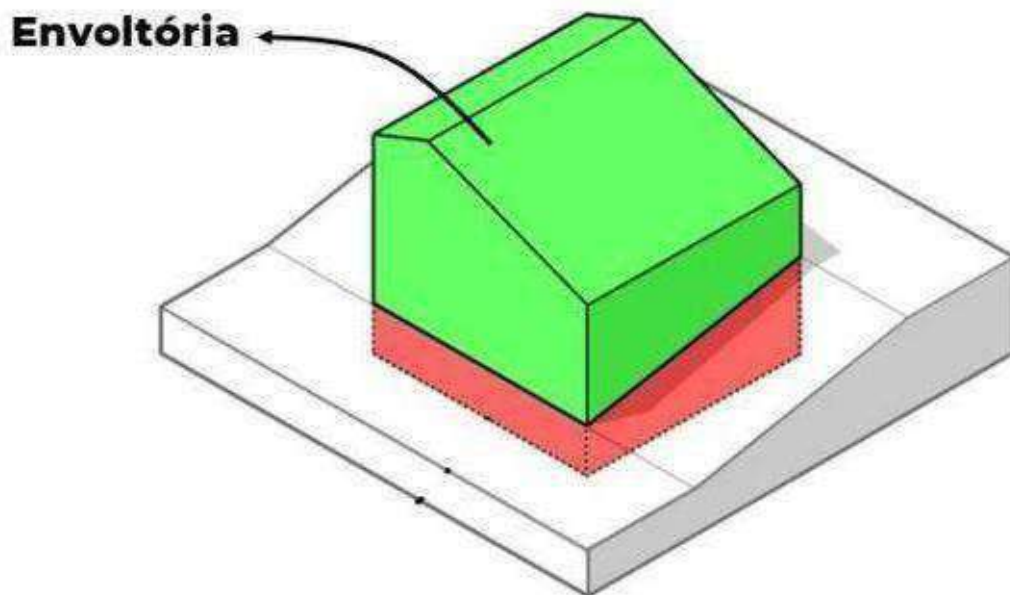
Nos casos em que uma condição de elegibilidade não for aplicável, essas áreas devem ser contabilizadas de modo que a potência instalada das demais condições atenda ao requisito de eficiência.

Com a implementação dos critérios descritos, torna-se possível garantir uma classificação eficiente do sistema, bem como a redução do consumo energético, contribuindo para práticas sustentáveis no ambiente construído.

3.3 PROCEDIMENTO PARA DETERMINAR A EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA.

Neste tópico, abordaremos a diferenciação entre dois métodos de cálculo da envoltória de edificações: o método RTQ-C e o método INI-C. A envoltória refere-se a todas as superfícies da edificação que estão em contato com o exterior, incluindo os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. Entende-se por meio externo qualquer superfície localizada acima do nível do solo ou em contato com outro edifício. Fazendo uma analogia, a envoltória pode ser considerada a pele da edificação, tudo aquilo que protege o interior do exterior.

Figura 11 ilustração da envoltória.



O método RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) é um sistema de avaliação de eficiência energética específico para edificações no Brasil, que estabelece parâmetros e critérios para o desempenho térmico e energético das construções. Por outro lado, o método INI-C (Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas) fornece diretrizes normativas para a classificação da eficiência energética dessas edificações.

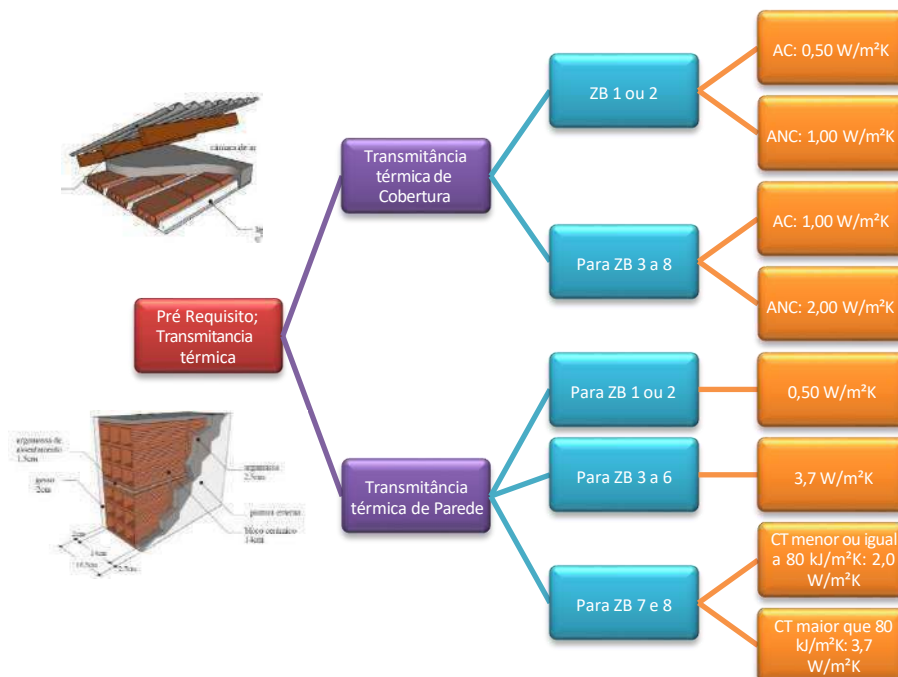
A seguir, detalharemos os principais aspectos de cada método, suas aplicações e diferenças fundamentais, considerando sempre a importância da envoltória no desempenho energético das construções. Por exemplo, a parte acima do solo é considerada envoltória, enquanto as superfícies abaixo do nível do solo não são incluídas nessa definição.

3.3.1 DETERMINAÇÃO DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO RTQ-C

Para iniciarmos, abordaremos a envoltória, que consiste nos elementos construtivos externos da edificação acima do nível do solo, como paredes e cobertura. Nesse sistema, temos três pré-requisitos específicos, sendo o primeiro a transmitância térmica. Ao considerarmos a transmitância térmica, devemos avaliar a cobertura e as paredes. No caso da cobertura, para zonas bioclimáticas 1 e 2, o valor de transmitância térmica (COB) não deve ultrapassar 0,5 W/m²K para ambientes condicionados e 1 W/m²K para ambientes não condicionados. Para edificações localizadas nas zonas climáticas 3 a 8, o valor permitido é de 1 W/m²K para ambientes condicionados e 2 W/m²K para ambientes não condicionados.

A transmitância térmica das paredes externas (PAR) também varia conforme a zona bioclimática. Para zonas 1 e 2, esse valor não deve ultrapassar 1,20 W/m²K. Para zonas 3 a 6, o limite é de 3,7 W/m²K, e nas zonas bioclimáticas 7 e 8, a capacidade térmica é um fator importante a ser considerado. Caso a parede tenha uma capacidade térmica menor que 80 kg/m²K, o valor da transmitância não deve ultrapassar 2,5 W/m²K. Se a capacidade térmica for maior que 80 kg/m²K, a transmitância deve ser menor que 3,7 W/m²K.









Figura 12 Fluxograma para facilitar a compreensão dos limites.



Fonte: (Feita pelo autor).

Outro pré-requisito é a cor e a absorvância térmica. A absorvância térmica refere-se à quantidade de radiação solar incidente absorvida por uma determinada superfície. No RTG-C, é exigido que, nas zonas bioclimáticas 2 a 8, os materiais de revestimento externo das paredes possuam baixa absorvância solar ($\alpha < 0,50$ do espectro solar). Na cobertura, é recomendada a utilização de materiais com baixa absorvância térmica, como telhas cerâmicas esmaltadas, próximo a jardins ou reservatórios de água.

Figura 13 Relação de cores e suas absorbâncias

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

Fonte: Anexo Geral V da Portaria nº 50/2013 (INMETRO, 2013).

O terceiro e último pré-requisito específico da envoltória é a iluminação zenital. Caso existam aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar de acordo com o percentual de abertura zenital, conforme a tabela 5 do RTQ-C. Para edificações com um percentual de abertura zenital maior que 59%, é necessário utilizar o método de simulação para o cálculo da envoltória.

Tabela 5 Percentual de abertura Zenital

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: (Manual INI-C, Definições).

Para o procedimento de cálculo da envoltória, são necessárias determinadas informações do projeto, como a área de abertura de fachada, ângulos horizontais e verticais de

sombreamento, e o fator altura-forma. Todas as definições e indicações de cálculos podem ser encontradas no RTQ-C. Com essas informações em mãos, partimos para os procedimentos de avaliação de eficiência.

3.3.1.1 CÁLCULOS DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO RTQ-C

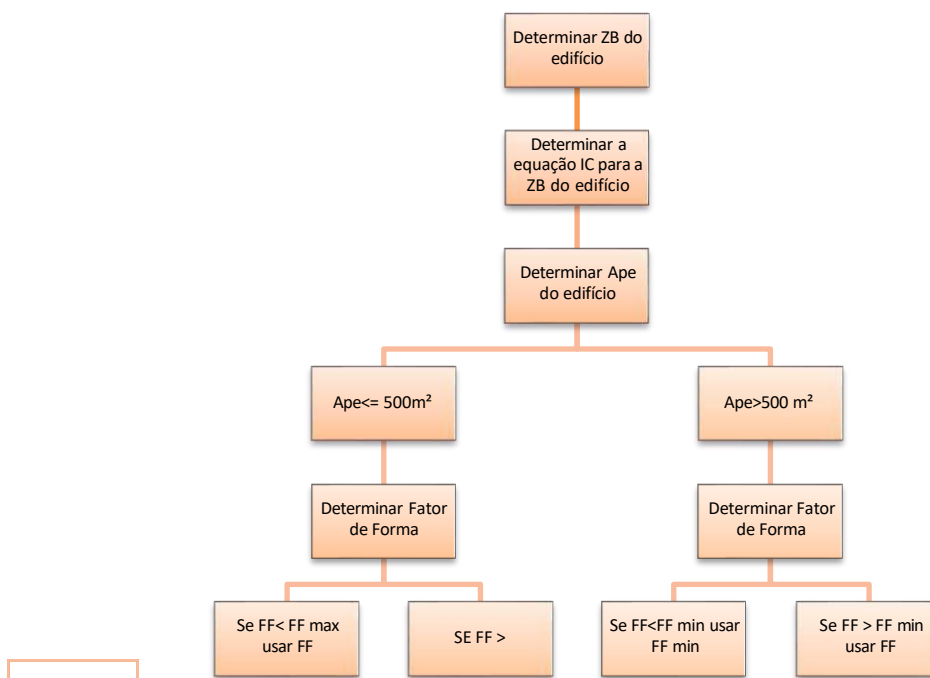
Após o cumprimento dos pré-requisitos construtivos do prédio, é necessário realizar cálculos adicionais referentes às dimensões do edifício. Esses cálculos abrangem diversos aspectos, como a área total do terreno, a área construída, a altura do edifício, e a relação entre a área construída e a área do terreno (índice de ocupação), entre outros.

Realizando esses cálculos, é possível verificar se o projeto está em conformidade com as diretrizes estabelecidas. Isso permite ajustes e otimizações, se necessário, para atender aos requisitos de construção e garantir um desempenho adequado do edifício.

Quando a Área de Projeção do Edifício (Ape) é maior que 500 m², as equações são aplicadas considerando um Fator de Forma mínimo permitido (A_{env}/V_{tot}). Já quando a Ape é menor que 500 m², as equações são aplicáveis considerando um Fator de Forma máximo permitido (A_{env}/V_{tot}). Se os valores estiverem fora desses limites, deve-se utilizar os valores limite correspondentes para garantir a correta aplicação das equações.

Para facilitar a seleção da equação correta a ser utilizada no cálculo da eficiência da envoltória, foi desenvolvido um fluxograma, conforme apresentado na figura 5 abaixo.

Figura 14 Fluxograma de escolha da equação de IC



Fonte: (Elaborado do pelo autor).

a. Zona Bioclimática 1: (exemplo: cidade de CURITIBA)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma máximo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,60$$

$$IC_{env} = -(43 \times FA) - (316,62 \times FF) + (16,83 \times PAF_T) + (7,39 \times FS) - (0,2 \times AVS) + (0,2 \times AHS) + (132,5 \times \frac{FA}{FF}) - (77 \times FA \times FF) - (0,92 \times FF \times PAF_T \times AHS) + 182,66$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma mínimo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,17$$

$$IC_{env} = (10,47 \times FA) + (298,74 \times FF) + (38,41 \times PAF_T) - (1,11 \times FS) - (0,11 \times AVS) + (0,24 \times AHS) - (0,54 \times PAF_T \times AHS) + 47,53$$

b. Zona Bioclimática 2 e 3: (exemplo: cidade de FLORIANÓPOLIS)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma máximo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,70$$

$$IC_{env} = -(175,3 \times FA) - (212,79 \times FF) + (21,86 \times PAF_T) + (5,59 \times FS) - (0,19 \times AVS) + (0,15 \times AHS) + (275,19 \times \frac{FA}{FF}) + (213,35 \times FF \times FF) - (0,04 \times PAF_T \times FS \times AVS) - (0,45 \times PAF_T \times FS \times AVS) - (0,45 \times PAF_T \times FS \times AVS) - (0,45 \times PAF_T \times FS \times AVS) - (0,45 \times PAF_T \times AHS) + 190,42$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma mínimo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,15$$

$$IC_{env} = -(14,14 \times FA) - (113,94 \times FF) + (50,82 \times PAF_T) + (4,86 \times FS) - (0,32 \times AVS) + (0,26 \times AHS) - (\frac{35,75}{FF}) - (0,54 \times PAF_T \times AHS) + 277,98$$

c. Zona Bioclimática 4 e 5: (exemplo: cidade de BRASÍLIA)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma máximo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,75$$

$$IC_{env} = (105,39 \times FA) - (207,12 \times FF) + (4,61 \times PAF_T) + (8,08 \times FS) - (0,31 \times AVS) - (0,07 \times AHS) - (82,34 \times FA \times FF) + (3,45 \times PAF_T \times FS) - (0,005 \times PAF_T \times FS \times AVS \times AHS) + 171,27$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma mínimo } (A_{env}/V_{tot}) = \text{livre}$$

$$IC_{env} = (511,12 \times FA) + (0,92 \times FF) - (95,71 \times PAF_T) - (99,79 \times FS) - (0,52 \times AVS) - (0,29 \times AHS) - (380,83 \times FA \times FF) + (4,27 \times FF) + 729,2 \times PAF_T \times FS + 77,15$$

FF

Zona Bioclimática 7: (exemplo: cidade de CUIABÁ)

$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma máximo $(A_{env}/V_{tot}) = 0,60$

$$IC_{env} = (32,62 \times FA) - (580,03 \times FF) - (8,59 \times PAF_T) + (18,48 \times FS) - (0,62 \times AVS) - (0,47 \times AHS) + (200 \times \frac{FA}{FF}) - (192,5 \times FA \times FF) + (70,22 \times FF \times PAF_T) - (0,55 \times PAF_T \times AHS) + 318,65$$

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo $(A_{env}/V_{tot}) = 0,17$

$$IC_{env} = -(69,48 \times FA) + (1347,78 \times FF) + (37,74 \times PAF_T) + (3,03 \times FS) - (0,13 \times AVS) - (0,19 \times AHS) + (\frac{19,25}{FF}) + (0,04 \times \frac{AHS}{PAF_T \times FS}) - 306,35$$

e. Zona Bioclimática 6 e 8: (exemplo: cidade de SALVADOR)

$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma máximo $(A_{env}/V_{tot}) = 0,48$

$$IC_{env} = (454,47 \times FA) - (1641,37 \times FF) + (33,47 \times PAF_T) + (7,06 \times FS) + (0,31 \times AVS) - (0,29 \times AHS) - (1,27 \times PAF_T \times AVS) + (0,33 \times PAF_T \times AHS) - 718$$

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo $(A_{env}/V_{tot}) = 0,17$

$$IC_{env} = (160,36 \times FA) + (1277,29 \times FF) - (19,21 \times PAF_T) + (2,95 \times FS) - (0,36 \times AVS) - (0,16 \times AHS) + (290,25 \times FF \times PAF_T) + (0,01 \times PAF_T \times AVS \times AHS) - 120,58$$

Onde as variáveis das Equações 3.3 a 3.12 são:

IC_{env} : Indicador de Consumo da envoltória (adimensional);

A_{pe} : Área de projeção do edifício; (m²);

A_{tot} : Área total construída (m²);

A_{env} : Área da envoltória (m²);

A_{pcob} : Área de projeção da cobertura (m²);

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento;

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;

FF: Fator de Forma, (A_{env}/V_{tot}) ;

FA: Fator Altura, (A_{pcob}/A_{tot}) ;

FS: Fator Solar;

PAF_T : Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação);

V_{tot} : Volume total da edificação (m³).

O limite máximo do Indicador de Consumo para a volumetria em questão, $IC_{máxD}$, é calculado utilizando a mesma equação, porém com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela. O $IC_{máxD}$ representa o valor máximo que a edificação deve alcançar para ser classificada como nível D. Acima desse valor, a edificação passará a ser classificada como nível E.

Tabela 6 Valores a serem utilizados para descobrir o $IC_{máxD}$

PAFT	FS	AVS	AHS
0,6	0,61	0	0

Fonte: (Manual RTQ- C, 2023).

O limite mínimo do Indicador de Consumo, $IC_{mín}$, é calculado utilizando a equação com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela. O $IC_{mín}$ representa o valor mínimo do indicador de consumo necessário para aquela volumetria específica.

Tabela 7 Valores a serem utilizados para descobrir o $IC_{máxD}$

PAFT	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Fonte: (Manual RTQ- C, 2023).

Os limites $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$ representam o intervalo no qual a edificação proposta deve estar contida. Esse intervalo é dividido em quatro partes (i), cada uma correspondente a um nível de classificação em uma escala de desempenho que varia de A a E. A subdivisão (i) do intervalo é calculada utilizando a equação abaixo.

$$i = \frac{IC_{máxD} - IC_{mín}}{4}$$

Partindo do valor de i podemos estabelecer os critérios da tabela abaixo.

Tabela 8 Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

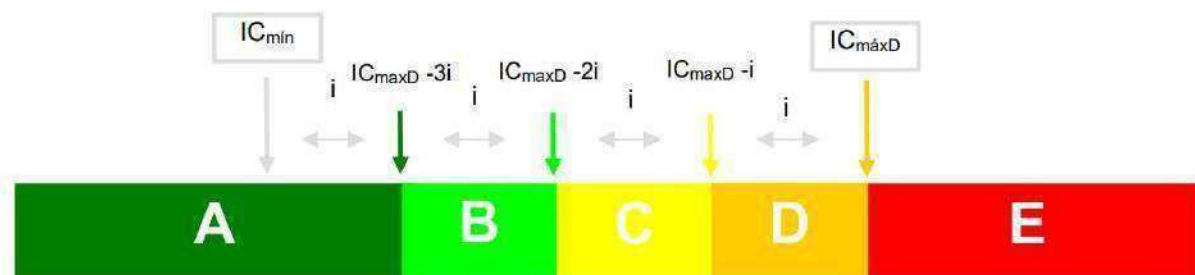
Fonte: (Manual RTQ- C, 2023).

A determinação dos limites de eficiência da envoltória é baseada nos indicadores de consumo $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$, os quais formam um intervalo (i) que é subdividido em quatro partes iguais. Essa divisão possibilita classificar a eficiência da envoltória do edifício em diferentes níveis, proporcionando uma avaliação mais precisa do desempenho energético.

Essa abordagem é crucial para identificar o grau de eficiência da envoltória em relação ao consumo de energia e estabelecer metas de eficiência para o edifício. Com a classificação em diferentes níveis, torna-se mais fácil comparar o desempenho com padrões de referência e direcionar esforços para melhorar a eficiência energética. Esses resultados são valiosos para

orientar projetos de construção, reformas ou atualizações de edifícios, contribuindo para o uso mais consciente e sustentável dos recursos energéticos, como mostra a Figura 6.

Figura 15 Ilustração do cálculo de IC.



Fonte: (Manual RTQ- C, 2023).

3.3.2 DETERMINAÇÃO DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO INI-C

Na Instrução Normativa INI-C, a avaliação da envoltória de edificações é realizada por meio do cálculo da carga térmica interna, que representa a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida ao ambiente por unidade de tempo para manter as condições térmicas desejadas. Essa carga térmica interna é composta por ganhos e perdas: os ganhos internos provêm de fatores como iluminação, equipamentos e ocupantes, enquanto os ganhos externos são gerados pela envoltória, que inclui paredes, cobertura e piso. As perdas térmicas, por sua vez, ocorrem por meio de frestas, janelas e componentes construtivos. Todo esse conjunto forma um balanço térmico que determina a carga necessária para manter a temperatura desejada.

A INI-C permite quantificar a carga térmica total anual da edificação, essencial para calcular o consumo de energia para climatização. Essa climatização pode adotar abordagens passivas, como ventilação natural, ou ativas, como sistemas de ar-condicionado. Assim, a norma avalia edificações totalmente condicionadas, totalmente ventiladas ou híbridas.

O método simplificado foi desenvolvido a partir de um modelo construído com dados de simulações computacionais. No entanto, ele possui alguns limites devido aos dados de treinamento utilizados. Por isso, edificações fora desses limites precisam ser avaliadas pelo método de simulação.

Com os resultados da simulação, o metamodelo determina a classificação de eficiência energética da envoltória e, posteriormente, a classificação geral da edificação. A classificação da envoltória é definida com base na redução percentual da carga térmica anual total da edificação real em comparação com a de referência. Com o valor da carga térmica, calcula-se a redução da edificação real em relação à edificação de referência, que é uma versão da edificação real com características equivalentes à classe D de eficiência energética. Dessa

forma, quanto maior for a redução, melhor será a classificação. Essa análise depende, ainda, de outros fatores específicos das edificações de referência, conforme detalhado nas tabelas do Anexo A.

O Anexo A da INI-C apresenta, nas tabelas A.1 a A.7, as condições de referência para sete tipologias construtivas consideradas classe D de eficiência energética, como escritórios, edificações educacionais, de hospedagem, assistenciais de saúde (exceto hospitais), lojas de varejo e estabelecimentos de alimentação. Essas características foram determinadas a partir de dados sobre tipologias em diversas cidades brasileiras. A tabela A.8 cobre tipologias adicionais, como igrejas e museus, definindo condições de referência para essas construções.

O sistema de Requisitos de Avaliação para Conformidade (RAC) aplicado no início do processo reduz a necessidade de avaliação completa para todas as zonas térmicas, garantindo que o método simplificado seja aplicado de forma adequada. Dessa forma, evita-se a duplicidade de trabalho, onde seria necessário aplicar o método simplificado inicialmente e, em caso de não conformidade de uma zona térmica, reavaliar utilizando o método de simulação.

Essa abordagem permite que a análise de eficiência energética da envoltória seja feita de forma prática e segura, atendendo aos parâmetros normativos.

3.3.2.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO PARA AMBIENTES CONDICIONADOS ARTIFICIALMENTE

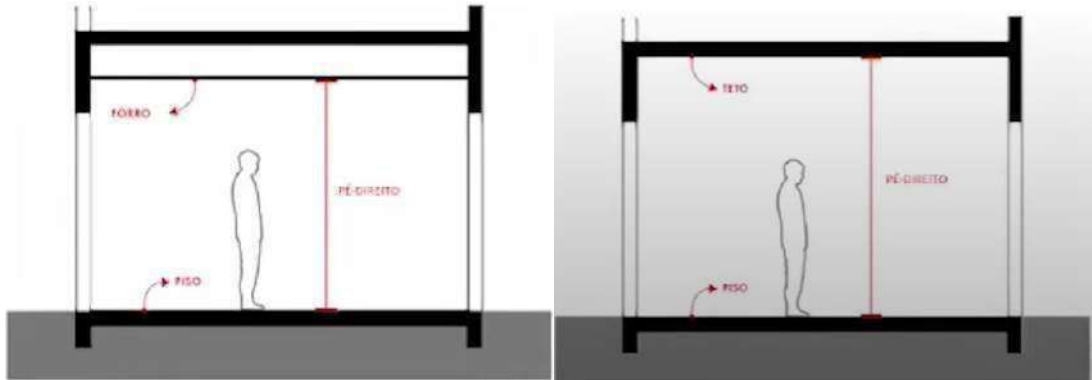
O método simplificado possui restrições para sua aplicação. Para facilitar a compreensão, esses parâmetros foram reorganizados em categorias, com os limites de aplicação do método simplificado respeitados para as zonas térmicas da edificação, conforme determinado pelo sistema de Requisitos de Avaliação para Conformidade (RAC).

3.3.2.1.1 GEOMETRIA DA EDIFICAÇÃO

A geometria da edificação inclui o tipo de zona (zona perimetral ou zona interna). Por exemplo, em uma edificação com zonas experimentais e internas, deve-se destacar a área total da zona sem descontar a área das paredes internas. Este valor deve ser consistente tanto na edificação de referência quanto na edificação real.

O pé-direito, ou a altura de piso a piso, é um parâmetro crucial, devendo variar entre 2,6 metros e 6,6 metros. Para zonas com pé-direito inclinado, o cálculo deve considerar a média entre a maior e a menor altura.

Figura 16 Exemplificação do pé direito de um ambiente



Fonte: (Manual RTQ- C, 2024).

O percentual de área de abertura de fachada da zona térmica é outro parâmetro relevante, calculado pela razão entre a área transparente e a área da fachada. Na edificação real, este valor é determinado conforme o projeto; na edificação de referência, segue a tabela do anexo, com o percentual de abertura variando entre 0% e 80%.

3.3.2.1.2 PAREDES EXTERNAS

Os parâmetros para as paredes externas incluem:

Transmitância térmica: Deve estar entre 0,5 e 4,4 W/m²K.

Capacidade térmica: Deve variar entre 40 e 450 kJ/m²K.

Absortância solar: Deve ser entre 0,2 e 0,8.

Esses valores devem ser levantados para a edificação real e seguir a tipologia especificada para a edificação de referência.

3.3.2.1.3 COBERTURA

Para a cobertura, os parâmetros incluem:

Transmitância térmica: Deve estar entre 0,51 e 5,7 W/m²K.

Capacidade térmica: Deve variar entre 10 e 450 kJ/m²K.

Absortância solar: Deve ser entre 0,2 e 0,8.

Os valores são determinados conforme o projeto para a edificação real e seguem a tipologia para a edificação de referência.

3.3.2.1.4 VIDROS

Os parâmetros para os vidros incluem:

Fator solar: Deve estar entre 0,21 e 0,87.

Transmitância térmica: Deve variar entre 1,9 e 6 W/m²K.

Esses valores são levantados para a edificação real e seguem a tipologia para a edificação de referência.

3.3.2.1.5 SOMBREAMENTO

O sombreamento é medido pelos ângulos horizontal e vertical de sombreamento, além do ângulo de obstrução vizinha.

Ângulo horizontal de sombreamento: Determinado pela média das proteções verticais.

Ângulo vertical de sombreamento: Medido no plano vertical da edificação.

Ângulo de obstrução vizinha: Considera o sombreamento causado por edificações vizinhas. Este é um parâmetro opcional que deve ser igual para a edificação real e para a de referência.

3.3.2.1.6 GANHOS DE CALOR INTERNOS E EXTERNOS

Os ganhos de calor incluem:

Densidade de potência de iluminação (DPI): Deve estar entre 4 e 400 W/m².

Densidade de potência de equipamentos (DPE): Deve variar entre 4 e 40 W/m².

Densidade de ocupação: Pré-estabelecida conforme a tipologia da edificação.

Esses valores são tabelados conforme as tipologias do anexo e devem ser iguais tanto na edificação real quanto na edificação de referência.

3.3.2.1.7 PARÂMETROS DE CONTATO COM O SOLO E OUTRAS CONDIÇÕES

Os parâmetros relacionados ao contato com o solo, presença de pilotis e isolamento do piso devem ser iguais na edificação real e na edificação de referência, conforme a geometria da edificação.

Tabela 9 Limite dos parâmetros relacionados ao contato com o solo.

Parâmetros	Limite mínimo	Limite máximo
GEOMETRIA		
Percentual de área de abertura da fachada (PAF)	0,00%	80,00%
Pé-direito (PD)	2,60 m	6,60 m
PAREDES		
Transmitância térmica da parede (U_{par})	0,50 W/(m ² ·K)	4,40 W/(m ² ·K)
Absortância solar da parede (α_{par})	0,2	0,8
Capacidade térmica da parede (CT_{par})	40,00 kJ/(m ² ·K)	450,00 kJ/(m ² ·K)
COBERTURA		
Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})	0,51 W/(m ² ·K)	5,07 W/(m ² ·K)
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,8
Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})	10,00 kJ/(m ² ·K)	450,00 kJ/(m ² ·K)
VIDRO E SOMBRA		
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Transmitância térmica da vidro (U_{vidro})	1,90 W/(m ² ·K)	5,70 W/(m ² ·K)
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0,00°	80,00°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0,00°	80,00°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0,00°	90,00°

Fonte: (Desenvolvida pelo Autor).

3.3.2.2 ZONAS TÉRMICAS

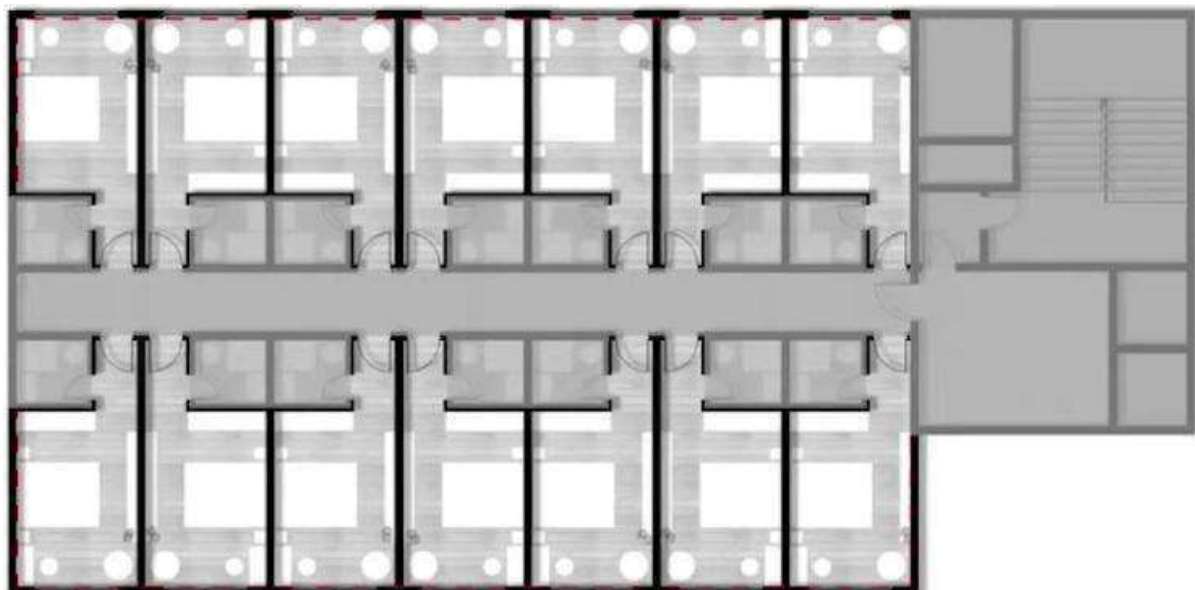
O conceito de zonas térmicas refere-se a espaços ou grupos de espaços dentro de uma edificação que possuem densidade de carga térmica interna semelhante, de modo que as condições de temperatura possam ser mantidas de forma homogênea. Na plataforma do curso, um manual com definições e um guia passo a passo auxiliam na divisão das zonas térmicas,

oferecendo uma sequência de seis etapas que, embora não obrigatórias, orientam o processo de divisão das zonas e o levantamento subsequente dos parâmetros de entrada.

Para ilustrar essa divisão, utiliza-se um exemplo de pavimento, onde se incluem quartos, banheiros, uma área de circulação, e áreas de escada e elevador. Nesse caso, o pavimento tipo é analisado sem contato direto com outros pavimentos, como ocorre com a cobertura e o piso, considerando-se uma única tipologia, como um prédio de hospedagem.

O processo inicia-se pela exclusão de ambientes de permanência transitória não condicionados artificialmente, como banheiros e corredores, que não entram no cálculo da carga térmica. Em seguida, delimita-se a zona térmica interna e a zona térmica perimetral, traçando uma linha a 4,5 metros das fachadas expostas. Este limite define zonas perimetrais e internas conforme a profundidade das fachadas.

Figura 17 exclusão de ambientes de permanência transitória não condicionados artificialmente.



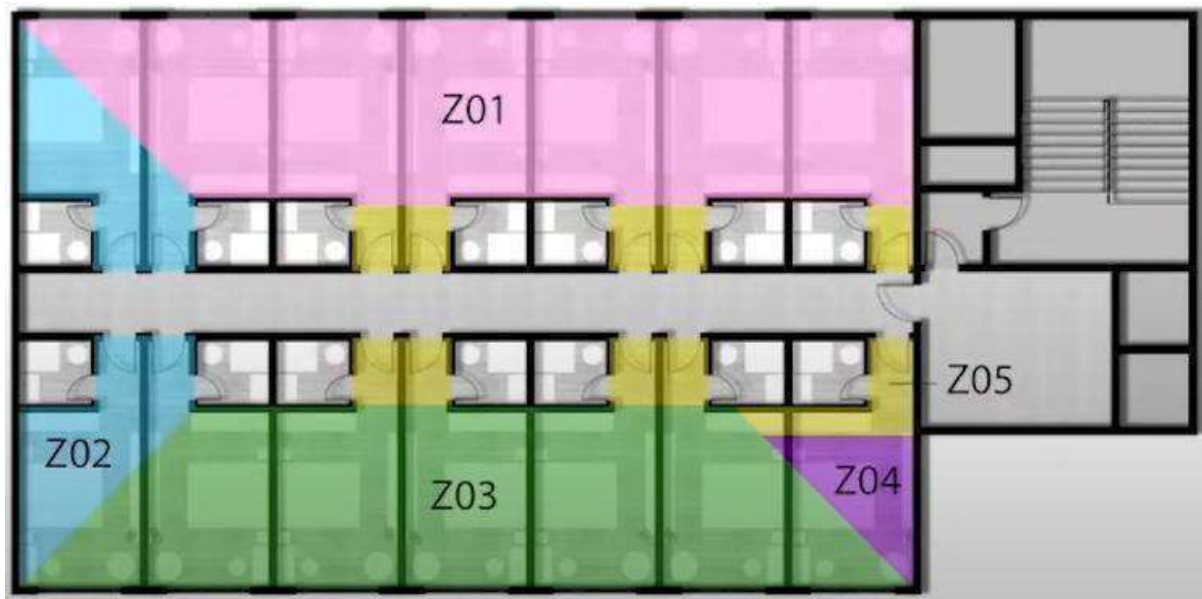
Fonte: (Manual INI- C, Método simplificado).

Na terceira etapa, diferenciamos as zonas perimetrais segundo a orientação das fachadas, de forma que cada zona tenha uma única orientação. Assim, são traçadas linhas entre paredes adjacentes para definir orientações como norte, sul, leste e oeste. Após essa diferenciação, identificam-se as zonas condicionadas artificialmente e aquelas sem condicionamento de ar. Ambientes não condicionados, mas sujeitos ao cálculo da carga térmica, são separados como zonas térmicas distintas, enquanto os ambientes ventilados naturalmente podem ser validados por simulação termo-energética.

Se houver variações de tipologia dentro do pavimento, cada tipologia adicional (como escritórios em um edifício de hospedagem) deve ser tratada como uma zona térmica separada. Na quinta etapa, ajustam-se as zonas térmicas considerando a exposição de cobertura, piso e a

profundidade das zonas perimetrais. Em casos em que a profundidade das zonas térmicas perimetrais seja inferior a 1 metro, essas áreas podem ser consolidadas. Entretanto, a extrapolação máxima permitida para uma zona térmica perimetral é de 5,5 metros de profundidade.

Figura 18 Zonas térmicas do pavimento.



Fonte: (Manual INI- C, Método simplificado).

Com essas etapas concluídas, finaliza-se a divisão de zonas térmicas no pavimento exemplo, resultando em cinco zonas: quatro perimetrais e uma interna. Cada zona térmica definida permite, em seguida, o levantamento de parâmetros de entrada específicos. É relevante notar que, no metamodelo, uma zona térmica contínua pode abranger áreas com características térmicas semelhantes, sem prejuízo da análise, mesmo que não haja contiguidade física entre todas as áreas da zona. Concluída a divisão, o levantamento dos parâmetros de entrada é iniciado, considerando-se as especificidades de cada zona.

3.3.2.3 METAMODELO

O metamodelo atual é capaz de calcular automaticamente os valores da carga térmica para a edificação de referência, embora ainda existam algumas questões pendentes que necessitam de ajustes no metamodelo. Por exemplo, o PAF é considerado zero na ausência de PAF na edificação real. Após o levantamento dos parâmetros de entrada, esses dados são inseridos no metamodelo, que então calcula a carga térmica de refrigeração para a edificação real.

Atualmente, o metamodelo calcula os valores da estação de referência e fornece a carga térmica correspondente. No entanto, ainda são necessários alguns ajustes no metamodelo, que devem ser implementados em breve. Com o levantamento dos parâmetros de entrada, obtemos a carga térmica de refrigeração tanto para a edificação real quanto para a edificação de referência. Esses valores podem ser obtidos por meio da interface web ou diretamente utilizando a linguagem computacional R.

Após a obtenção da carga térmica de refrigeração, deve-se calcular a característica total anual da edificação, conforme especificado no item 8.1.2 da INI-C, bem como o percentual de redução de carga térmica total, conforme o item 8.1.1 da INI-C. A partir desses resultados, é possível determinar a classe da envoltória e a classe geral da edificação, conforme os itens 8.2.1 e 8.1 da INI-C, respectivamente.

A interface atual está em processo de aprimoramento, e alguns protótipos já foram desenvolvidos. Quando estiver disponível, essa interface será acessível na área de testes e exercícios. Recomenda-se a inserção dos parâmetros de entrada tanto para a edificação real quanto para a de referência, a fim de obter os valores necessários e proceder com a classificação.

Figura 19 Interface do metamodelo

Zonas térmicas

	Zona 1		Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
		Copiar?				
Área ^(m²)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Contato com o solo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zona sobre pilotis?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Possui cobertura exposta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Possui isolamento do piso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tipo de zona?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Orientação solar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Densidade de potência de equipamentos ^(W/m²)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Densidade de potência de iluminação ^(W/m²)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fator Solar do vidro	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Transmitância térmica do vidro ^(W/m²K)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Absortância solar de cobertura	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Absortância solar da parede	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
R _e direto ^(m)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Percentual de abertura da fachada	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ângulo horizontal de sombreamento ^(°)	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fonte: (http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html).

3.3.2.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO PARA AMBIENTES VENTILADAS NATURALMENTE OU HÍBRIDAS.

Para a aplicação do método simplificado, é imprescindível atender a certos requisitos. Primeiramente, a tipologia da edificação deve ser voltada para escritórios ou escolas. Em segundo lugar, a geometria da edificação deve ser quadrada ou retangular, e a altura não pode exceder dezesseis metros.

Os horários de ocupação devem estar de acordo com as tabelas do anexo A da NBR, específicas para a tipologia de escritórios e escolas. Os espaços internos devem ser divididos utilizando madeira ou material similar e devem apresentar áreas semelhantes.

Além disso, os ambientes de permanência prolongada (APPs) precisam ter aberturas adequadas para garantir a ventilação natural do ambiente.

Finalmente, a edificação deve respeitar os limites estabelecidos na tabela 6.2 da NBR, garantindo que todos os parâmetros necessários sejam cumpridos para a correta aplicação do método.

Tabela 10 Limite aplicado ao método simplificado para ambientes ventiladas naturalmente ou híbridas.

Parâmetros	Valor mínimo	Valor máximo
Área das áreas de permanência prolongada	9,00 m ²	400,00 m ²
Número de pavimentos	1	5
Comprimento total (maior dimensão)	13,00 m	200,00 m
Profundidade total (menor dimensão)	8,00 m	50,00 m
Fator da área da escada	0,00	0,28
Pé-direito	2,75 m	4,25 m
Percentual de área de abertura da fachada total (PAFT)	0,05	0,70
Forma das aberturas para ventilação (largura/altura)	0,10	50,00
Transmitância térmica da parede externa (U _{par})	0,10 W/(m ² .K)	5,00 W/(m ² .K)
Absorvância solar das paredes externas (α _{par})	0,20	0,80
Capacidade térmica da parede externa (CT _{par})	40,00 kJ/(m ² .K)	500,00 kJ/(m ² .K)
Transmitância térmica da cobertura (U _{cob})	0,10 W/(m ² .K)	5,00 W/(m ² .K)
Absorvância solar da cobertura (α _{cob})	0,20	0,80
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	10,00 kJ/(m ² .K)	400,00 kJ/(m ² .K)
Fator solar do vidro (FS)	0,20	0,80
Transmitância térmica da vidro (U _{vidro})	1,00 W/(m ² .K)	6,00 W/(m ² .K)
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0,00 °	45,00 °

Fonte: (Desenvolvida pelo Autor).

A tabela 6.2 foi agrupada para facilitar a compreensão dos diferentes parâmetros analisados. Primeiramente, destacam-se os parâmetros relacionados à geometria da edificação, que incluem o número de pavimentos, o comprimento total, a profundidade total, o fator da área da escada e a forma das aberturas para ventilação. Todos esses parâmetros serão detalhados nos próximos tópicos deste trabalho.

Além dos aspectos geométricos, são considerados os parâmetros técnicos das paredes e da cobertura. Estes incluem a transmitância térmica, a absorvância e a capacidade térmica tanto das paredes quanto da cobertura. Esses fatores são cruciais para determinar o comportamento térmico da edificação.

Também são abordados os parâmetros referentes ao vidro e à sombra, que envolvem o fator solar, a transmitância térmica e o ângulo vertical de sombreamento. A análise desses elementos é essencial para entender o desempenho energético e o conforto térmico dos ambientes internos.

Para edificações com condicionamento artificial, é imprescindível analisar os limites específicos definidos para a zona térmica. Esses limites devem ser observados não apenas em edificações comuns, mas também naquelas projetadas para maior eficiência energética e conforto.

A seguir, apresentamos uma descrição detalhada dos parâmetros de entrada, divididos em seis categorias distintas.

3.3.2.4.1 PREENCHIMENTO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS CLIMA

Embora a caracterização climática não seja apresentada aqui, é essencial que a cidade onde a edificação está localizada seja especificada.

3.3.2.4.2 PREENCHIMENTO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS À GEOMETRIA

Nesta categoria, incluem-se diversos parâmetros:

- **Área dos Ambientes de Permanência Prolongada:** Deve-se considerar a média das áreas desses ambientes, com valores entre 9 m² e 400 m².
- **Número de Pavimentos:** Devem ser excluídas garagens, áreas técnicas e subsolos enterrados. O limite é de 1 a 5 pavimentos.

- **Comprimento Total:** Corresponde à maior dimensão da edificação, com valores entre 13 m e 200 m.
- **Profundidade Total:** Refere-se à menor dimensão da edificação, com valores entre 8 m e 50 m.

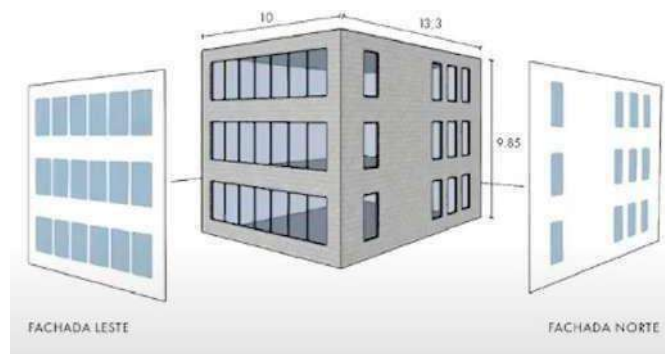
Figura 20 Demonstração de comprimento e profundidade



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

- **Fator de Área de Escadas:** Calcula-se dividindo a área de circulação vertical pela área total da edificação, excluindo elevadores e escadas enclausuradas. O valor deve estar entre 0 e 0,21.
- **Pé-direito:** A altura entre o piso e o forro (ou teto, se não houver forro), com valores entre 2,75 m e 4,25 m. Caso a edificação possua diferentes valores de pé-direito, adota-se a média. Edificações com pé-direito inferior a 2,75 m podem ser avaliadas no método simplificado, desde que o valor adotado no metamodelo seja 2,75 m.
- **Percentual de Área de Abertura na Fachada Total (PAFT):** A razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total da fachada da edificação refere-se exclusivamente às aberturas com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal. Isso inclui janelas tradicionais, portas de vidro ou sheds, mesmo quando estes últimos estão localizados na cobertura. Esse cálculo é feito com base nas medidas externas da edificação, e os valores devem estar entre 0,05 e 0,70.

Figura 21 Demonstração das aberturas das fachadas.



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

- **Forma das Aberturas para Ventilação:** Razão entre a largura e a altura das aberturas, considerando apenas janelas que podem ser abertas. Os valores devem estar entre 0,10 e 50.
- **Tipo de Abertura para Ventilação:** Deve-se determinar o tipo de janela (basculante ou de correr) utilizada na edificação.
- **Ventiladores de Teto:** Indica-se a presença ou ausência desses equipamentos, que aumentam a velocidade do ar e a tolerância ao calor nos ambientes naturalmente ventilados.

3.3.2.4.3 PREENCHIMENTO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS ÀS PAREDES EXTERNAS

A seguir, são apresentadas as características térmicas relacionadas às paredes externas, as quais são caracterizadas por três parâmetros principais:

- **Transmitância térmica da parede:** Este parâmetro está sujeito a limites de aplicação no metamodelo, variando entre 0,1 e 5 watts por metro quadrado Kelvin ($W/m^2 \cdot K$).
- **Capacidade térmica da parede externa:** O valor da capacidade térmica a ser inserido no metamodelo deve situar-se entre 40 e 500 joules por metro quadrado Kelvin ($J/m^2 \cdot K$).
- **Absortância solar da parede externa:** A absortância solar da parede externa deve estar dentro do intervalo de 0,2 a 0,8.

3.3.2.4.4 PREENCHIMENTO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS À COBERTURA

No que diz respeito à cobertura, os parâmetros são similares aos das paredes externas, incluindo:

Transmitância térmica da cobertura: O valor correspondente a este parâmetro deve estar entre $0,1 W/(m^2 \cdot K)$ e $5,0 W/(m^2 \cdot K)$.

Capacidade térmica da cobertura: O valor correspondente a este parâmetro deve estar entre 10 e 400 joules por metro quadrado Kelvin ($J/m^2 \cdot K$).

Absortância solar da cobertura: O valor correspondente a este parâmetro deve estar entre 0,20 e 0,80.

É relevante ressaltar que, quando existem múltiplos valores para qualquer um desses parâmetros, o valor adotado no metamodelo deve ser ponderado de acordo com a situação.

3.3.2.4.5 PREENCHIMENTO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS AOS VIDROS E SOMBREAMENTO

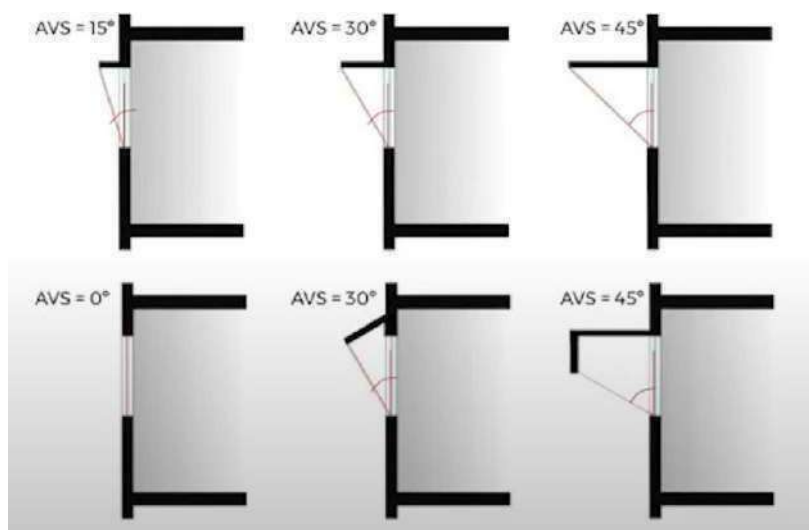
Quanto aos vidros e sombreamento, os parâmetros a serem considerados são:

- **Fator solar do vidro:** O valor do fator solar deve ser inserido no metamodelo dentro do intervalo de 0,2 a 0,8.
- **Transmitância térmica do vidro:** A transmitância térmica do vidro deve variar entre 1 e 6 watts por metro quadrado Kelvin ($W/m^2 \cdot K$).
- **Ângulo vertical de sombreamento (AVS):** O ângulo de sombreamento (AVS) refere-se às proteções horizontais e é medido no plano vertical, sendo verificado em corte. Para determinar o valor do AVS para toda a edificação, é necessário realizar a ponderação do valor com base no AVS de cada abertura.

No que tange ao sombreamento, o ângulo vertical de sombreamento é um parâmetro crucial. Este ângulo refere-se às proteções horizontais e é medido no plano vertical, isto é, em relação ao corte da edificação. Quando houver múltiplos ângulos de sombreamento, o valor adotado no metamodelo deve ser ponderado da mesma forma que os demais parâmetros.

Exemplos típicos de ângulos de sombreamento são 15° , 30° e 45° . Em alguns casos, pode-se ter uma situação sem proteção solar, ou seja, com ângulo igual a zero. Os limites para os valores dos ângulos de sombreamento podem variar entre 0 e 45 graus, dependendo das características específicas do projeto.

Figura 22 Demonstração do ângulo de sombreamento.



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

Esses parâmetros e limites devem ser seguidos para garantir a consistência e a precisão nas simulações térmicas, contribuindo para a definição das condições adequadas no metamodelo.

3.3.2.4.6 PREENCHIMENTO DOS PARÂMETROS RELACIONADOS AO FATOR DE CORREÇÃO DO VENTO

Os parâmetros de entrada relacionados à caracterização do entorno da edificação são essenciais para a análise térmica do edifício. O fator de correção do vento ajusta a velocidade do ar externo com base nas condições específicas do entorno da edificação. Esse fator pode ser classificado em quatro categorias distintas: centros urbanos; áreas urbanas, suburbanas, industriais ou florestais; áreas rurais planas; e regiões expostas aos ventos vindos do oceano.

• **Centros urbanos:** Refere-se a grandes áreas urbanas em que, pelo menos, 50% das edificações possuem altura superior a 25 metros e estão localizadas a uma distância mínima de 0,8 km ou dez vezes a altura da edificação em análise.

Figura 23 Demonstração de um centro urbano.



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

• **Áreas urbanas, suburbanas, industriais e florestais:** Caracterizam-se por terrenos com obstruções dispostas em distâncias relativamente curtas entre si.

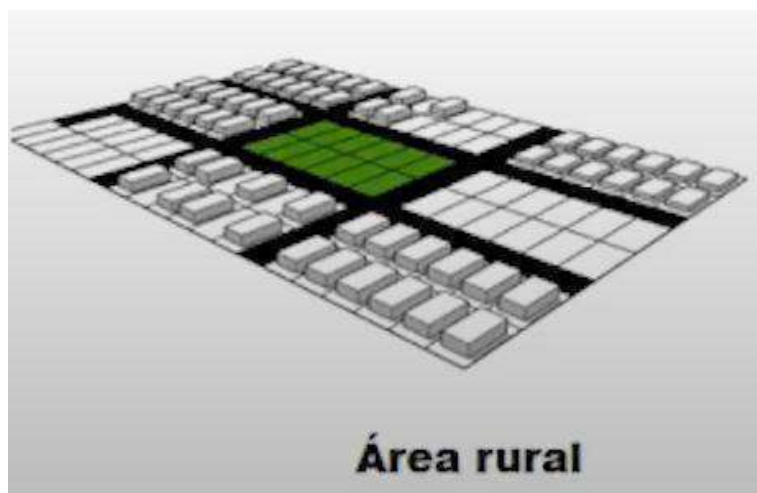
Figura 24 Demonstração DE áreas Urbanas.



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

• **Áreas rurais planas:** São áreas abertas, com obstruções espalhadas e com altura inferior a 9 metros.

Figura 25 Demonstração de área rural.



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

• **Áreas expostas aos ventos oceânicos:** São regiões planas e sem obstruções, expostas aos ventos provenientes do mar, localizadas a uma distância mínima de 1,6 km da linha costeira ou 460 metros, ou ainda 10 vezes a altura da edificação em questão.

O valor do fator de correção do vento a ser inserido no metamodelo deve ser escolhido com base nas características específicas do entorno, conforme as classificações acima.

Além disso, é importante considerar os obstáculos no entorno da edificação, que são definidos em função da taxa de ocupação da área em que a edificação se encontra. A taxa de ocupação pode ser calculada levando-se em consideração os obstáculos localizados até duas vezes a altura da edificação. Os dados referentes à taxa de ocupação podem ser obtidos a partir do plano diretor da cidade, quando disponível. As taxas de ocupação são classificadas em três níveis:

- 35% (ocupação baixa),
- 50% (ocupação média),
- 70% (ocupação alta).

Figura 26 Taxa de ocupação da área em que a edificação se encontra.



Fonte: (Manual INI- C, Definições).

Esses valores também devem ser inseridos no metamodelo, levando em conta a presença de proteções ou obstruções no entorno da edificação.

Esses parâmetros são essenciais para a caracterização precisa do entorno da edificação em simulações térmicas, permitindo uma avaliação detalhada do impacto das condições externas no desempenho energético do edifício.

Após o levantamento de todos os parâmetros de entrada, deve-se realizar o seu uso dentro da interface web do metamodelo e do método simplificado, a fim de obter os valores do EHFhot e do FHDdesc. Em seguida, deve-se proceder com o cálculo do PHOCT. Vale ressaltar que a inserção dos parâmetros deve ser feita exclusivamente para a edificação em questão.

Figura 27 Interface web

The image shows a web-based form for calculating natural comfort. It is divided into several sections:

- LOCALIZAÇÃO**: A dropdown menu for location.
- TIPOLOGIA**: A dropdown menu for building type.
- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS**:
 - Comprimento total (Total length)
 - Profundidade total (Total depth)
 - Pé-direito (Floor level)
 - Número de pavimentos (Number of floors)
 - Área das salas ocupadas (Occupied area)
 - Fator da área da escada (Staircase area factor)
 - PAF (PAF)
 - Ângulo vertical de sombreamento (Vertical shading angle)
- PROPRIEDADES TÉRMICAS**:
 - Absorvância solar da parede (Wall solar absorption)
 - Transmitância térmica da parede (Wall thermal transmittance)
 - Capacidade térmica da parede (Wall thermal capacity)
 - Absorvância solar da cobertura (Roof solar absorption)
 - Transmitância térmica da cobertura (Roof thermal transmittance)
 - Capacidade térmica da cobertura (Roof thermal capacity)
 - Fator solar (Solar factor)
 - Transmitância térmica do vidro (Glass thermal transmittance)
- VENTILAÇÃO**:
 - Fator de correção do vento (Wind correction factor)
 - Obstáculos do entorno (Surrounding obstacles)
 - Forma das janelas (Window shape)
 - Fator de abertura (Opening factor)
 - Ventilador (Fan)

At the bottom, there is a large green button labeled 'CALCULAR' and a label 'NATURAL COMFORT'.

Fonte: (<https://pbeedifica.com.br/naturalcomfort/>).

3.3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS EM RELAÇÃO A ENVOLTÓRIA

A envoltória das edificações exerce um papel central na eficiência energética das construções, uma vez que é diretamente responsável pelo controle das trocas térmicas entre os ambientes interno e externo. A caracterização adequada desse elemento, conforme os critérios definidos pela Instrução Normativa INI-C, possibilita a identificação de oportunidades de melhoria e a otimização do desempenho energético. Por meio da análise da transmitância térmica, da geometria da edificação, das aberturas e das estratégias de sombreamento, é possível desenvolver soluções construtivas que reduzam significativamente o consumo de energia com climatização artificial.

Nesse contexto, a planilha desenvolvida neste trabalho contribui de maneira prática e objetiva ao realizar a coleta de dados dimensionais da edificação, características construtivas e a identificação da zona bioclimática correspondente. Com base nesses dados, a ferramenta fornece uma estimativa de desempenho energético conforme os critérios estabelecidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Ressalta-se que, devido à indisponibilidade pública das fórmulas utilizadas pelo metamodelo da INI-C, não é possível aplicar diretamente os cálculos segundo essa normativa.

No entanto, a planilha fornece informações fundamentais, como os valores de transmitância térmica, absorvância térmica e fator solar, entre outros parâmetros relevantes, que podem ser utilizados manualmente pelo operador no metamodelo da INI-C, caso se opte por essa abordagem.

Dessa forma, a consideração criteriosa da envoltória, aliada ao uso da ferramenta proposta, não apenas favorece a obtenção de classificações superiores na etiquetagem de eficiência, como também promove conforto térmico, economia de recursos e sustentabilidade ambiental — pilares centrais da proposta deste trabalho.

3.4 PROCEDIMENTO DE DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO CONDICIONAMENTO DE AR.

3.4.1 DETERMINAÇÃO DA ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO RTQ-C

A avaliação da eficiência energética dos sistemas de condicionamento de ar, conforme estabelecido pela Instrução Normativa INI-C, requer o atendimento a pré-requisitos específicos, especialmente quando se utiliza o método de simulação. Dentre esses requisitos, destacam-se:

a) Isolamento térmico dos dutos – Os dutos de ar devem possuir espessura mínima de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de energia e garantir o desempenho eficiente do sistema;

b) Condicionamento de ar por aquecimento artificial – Sistemas que operam com aquecimento devem atender a indicadores mínimos de eficiência energética definidos pela normativa vigente.

Para fins de classificação energética, os sistemas de condicionamento de ar são agrupados em duas categorias principais: regulamentados e não regulamentados.

Sistemas regulamentados: Incluem equipamentos que possuem classificação energética definida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), como os condicionadores de ar do tipo split e os modelos de janela. Para esses equipamentos, é necessário consultar as tabelas de eficiência atualizadas disponíveis no sítio eletrônico do Inmetro, a fim de verificar sua conformidade com os requisitos de etiquetagem.

Sistemas não regulamentados: Compreendem equipamentos e instalações que não possuem regulamentação direta pelo Inmetro, como os sistemas de aquecimento central. A análise desses sistemas deve ser conduzida com base nas diretrizes estabelecidas no capítulo correspondente ao condicionamento de ar do Regulamento Técnico da Qualidade para

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Para a obtenção de classificações de eficiência, inclusive para o nível A, é necessário realizar cálculos que envolvam diversos parâmetros técnicos, tais como: carga térmica dos ambientes, controle por zonas térmicas, grau de automação do sistema, isolamento entre zonas, dimensionamento e controle dos sistemas de ventilação, recuperação de calor, além da análise dos sistemas hidráulicos e dos equipamentos de rejeição de calor.

A partir da consideração desses fatores, é possível concluir o processo de etiquetagem energética utilizando o método prescritivo, assegurando-se a conformidade técnica da edificação com os critérios estabelecidos pela INI-C e promovendo, assim, um desempenho energético mais eficiente e sustentável para os sistemas de condicionamento de ar.

3.4.2 DETERMINAÇÃO DO CONDICIONAMENTO DE AR PELO MÉTODO INI-C

Para a avaliação de sistemas de condicionamento de ar, é crucial considerar que o método estabelecido pela INI-C, apresenta critérios específicos de acordo com a capacidade do sistema. Para sistemas com capacidade igual ou inferior a 17,6 kW, a classificação pode ser realizada com base no Coeficiente de Performance (COP), no Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) ou no Fator de Desempenho Sazonal de Refrigeração (CSPF). Para sistemas com capacidade superior a 17,6 kW, a classificação pode ser feita com base no Fator de Eficiência de Parte de Carga (SPLV), no fator de ponderação K ou através de simulação computacional.

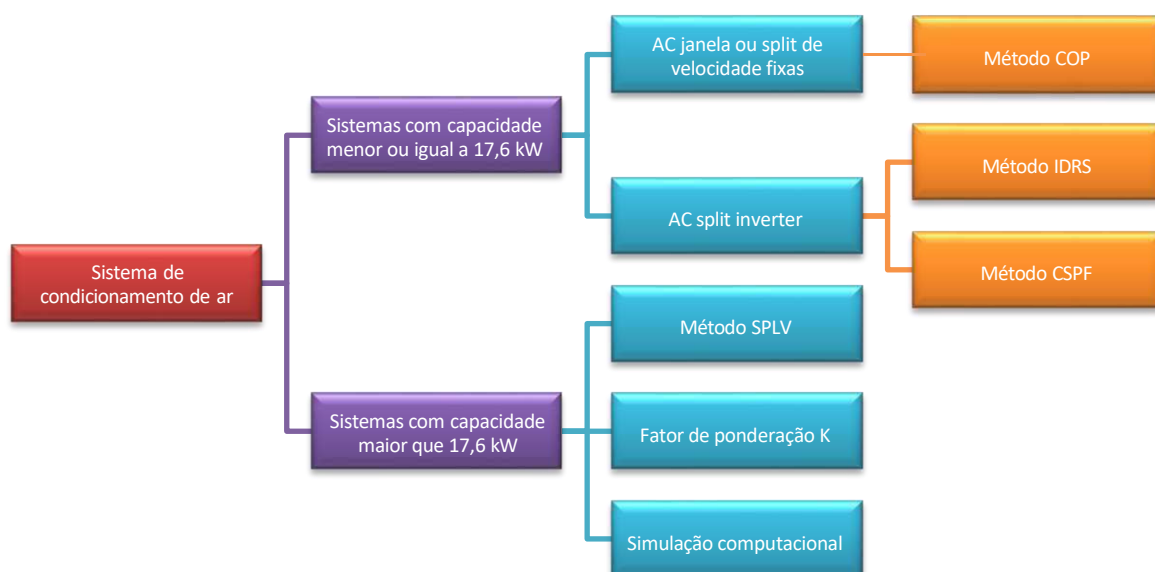
Inicialmente, é necessário verificar se o sistema de condicionamento de ar atende aos critérios de elegibilidade para a classificação A. Na INI-C, são apresentadas condições específicas para cada equipamento, assim como critérios específicos para cada sistema. Esses critérios devem ser considerados independentemente do método de avaliação aplicado. As condições de elegibilidade descritas na seção 7.1 da INI-C devem ser cumpridas, se aplicáveis, em uma quantidade mínima de zonas térmicas cuja capacidade somada corresponda a pelo menos 90% da capacidade total instalada na edificação. Caso essa exigência não seja atendida, a classificação do sistema de condicionamento de ar e a classificação geral da edificação serão limitadas à classe B.

Condições específicas por equipamento: A primeira parte das condições de elegibilidade aborda as condições específicas para cada equipamento, apresentando coeficientes de desempenho mínimo que os equipamentos devem atender. Na seção 7.1.1, são

expostos os desempenhos mínimos para diferentes sistemas, subdivididos em tabelas específicas. É importante ressaltar que os coeficientes dos equipamentos devem ser calculados de acordo com normas consolidadas, sendo fornecidos pelos fabricantes ou obtidos diretamente nas tabelas de classificação do Inmetro.

Critérios específicos por sistema: Além das condições específicas por equipamento, a NC também estabelece critérios específicos por sistema, apresentados para dois grupos: sistemas split e sistemas centrais. Para os sistemas split, é necessário verificar se o isolamento térmico da tubulação atende às especificações mínimas. Para os sistemas centrais, é necessário atender a todos os critérios estabelecidos para o sistema em questão. Esses critérios estão condicionados ao tipo de sistema central de condicionamento de ar adotado na edificação. Caso algum desses critérios não seja cumprido, a classificação máxima do sistema avaliado será igual a B.

Figura 28 Resumo dos métodos de cálculo do condicionamento de ar.



Fonte: (Feita pelo autor).

3.4.2.1 SISTEMAS COM CAPACIDADE MENOR OU IGUAL A 17,6 KW

Iniciaremos a explicação pelos sistemas de ar-condicionado com capacidade igual ou inferior a 17,6 kW. Para esses sistemas, o cálculo do coeficiente de eficiência energética deve ser realizado com base em um dos seguintes métodos: Método do Coeficiente de Performance (COP), Método do Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) ou Método do Fator de Desempenho Sazonal de Resfriamento (CSPF).

É importante destacar que os equipamentos com velocidade fixa devem ser avaliados utilizando o Método do COP. Por outro lado, os equipamentos com velocidade variável, conhecidos como sistemas inverter, podem ser avaliados tanto pelo Método do IDRS quanto pelo Método do CSPF.

No caso específico dos aparelhos de ar-condicionado do tipo janela ou split de velocidade fixa, é obrigatório utilizar o Método do COP para calcular o coeficiente de eficiência energética do sistema. O valor do COP do equipamento pode ser consultado nas tabelas disponíveis no site do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

O cálculo do coeficiente de eficiência energética, nesse contexto, é fundamentado na aplicação de uma fórmula específica. Inicialmente, é imprescindível determinar a carga térmica total anual da edificação. Posteriormente, realiza-se o cálculo considerando o Coeficiente de Performance (COP) do equipamento, a potência do sistema de renovação de ar e o tempo total de uso da renovação de ar, conforme a tipologia avaliada.

Equação 7 coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração.

$$CEE_R = \frac{CgTT_{real}}{\left(\frac{CgTT_{real}}{1,062 \cdot COP_R}\right) + \left(\frac{W_{vent} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000}\right)}$$

Onde:

1. CEER é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração;
2. CgTTreal é a carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano);
3. COPR é o coeficiente de performance para refrigeração do aparelho de condicionamento de ar;
4. Wvent é a potência do equipamento de renovação de ar (W);

- 5. h são as horas de uso da edificação, conforme tipologia das tabelas do Anexo A;
- 6. Nano são os dias de ocupação ao ano, conforme tipologia das tabelas do Anexo A.

Para sistemas de ar-condicionado do tipo split com tecnologia inverter, o coeficiente de eficiência energética pode ser calculado utilizando o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS). Este índice pode ser obtido a partir das tabelas de eficiência energética disponíveis no site do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) ou por meio de uma interface web no site do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) Edifica. O IDRS apresenta vantagens sobre o COP, pois leva em consideração o desempenho do equipamento em cargas parciais, interpolando entre 50% e 100% de carga, e considerando um clima brasileiro médio.

Figura 29 Tabela de eficiência energética disponíveis no site do Instituto Nacional de Metrologia.

FABRICATION	MARCA	TIPO	MODELO (elementos para nome)		MÓDULO (elemento para nome)	FUNÇÃO	TENSÃO	NOTAÇÃO	CLASSE DE EFICIÊNCIA ENÉRGICA	Nº de Registros	DADOS DECLARADOS (WATT)												FAZEA DE ELABORAÇÃO		
			UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA							Capacidade de Resfriamento		Carga Total (TRT) (Watt)		Carga Parcial (50% a/c) (Watt)		Carga Parcial (75% a/c) (Watt)		IDRS (%) (Calculado com base nos dados declarados)		CONSUMO DE ENERGIA (%)				
											W	W	W	W	W	W	W	W	W	W					
			W	W							W	W	W	W	W	W	W	W	W	W					
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS24P9SL	MS24P9SL	--	Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	5,000	3,807	2,639	180,00	1,977,00	135,40	1233,40	317,00	--	--	0,20	351,4	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS12P9SL	MS12P9SL	--	Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	12,000	9,174	6,342	320,00	2,700,00	164,00	1760,00	270,00	--	--	0,20	400,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS18P9SL	MS18P9SL	--	Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	18,000	13,719	9,516	480,00	4,050,00	246,00	2407,50	412,50	--	--	0,20	522,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS24P9SL	MS24P9SL	--	Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	24,000	18,262	12,732	640,00	5,400,00	320,00	3075,00	500,00	--	--	0,20	657,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS18P9SL	MS18P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	9,000	6,867	4,830	180,00	1,500,00	100,00	1350,00	217,00	--	--	0,20	361,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS12P9SL	MS12P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	12,000	9,119	6,384	240,00	2,000,00	130,00	1700,00	270,00	--	--	0,20	406,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS18P9SL	MS18P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	18,000	13,719	9,516	360,00	3,000,00	200,00	2587,50	412,50	--	--	0,20	530,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS24P9SL	MS24P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	24,000	18,262	12,732	480,00	4,000,00	300,00	3810,00	500,00	--	--	0,20	657,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS12P9SL	MS12P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	9,000	6,818	4,830	180,00	1,500,00	100,00	1700,00	240,00	--	--	0,20	400,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS18P9SL	MS18P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	18,000	13,719	9,516	360,00	3,000,00	200,00	2407,50	412,50	--	--	0,20	530,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS24P9SL	MS24P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	24,000	18,262	12,732	480,00	4,000,00	300,00	3810,00	500,00	--	--	0,20	657,0	A
Dairex	Mitsubishi	Ar Condicionado Split Lote	Dairex	Split Inverter	FTS12P9SL	MS12P9SL	--	Quente/Frio	220 V	Variável Variável	8400A	0010000101	12,000	9,119	6,384	240,00	2,000,00	130,00	1700,00	240,00	--	--	0,20	400,0	A

Fonte: (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>).

Figura 30 Interface Web para cálculo CSPF



Edificações Residenciais
Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
Condicionadores de ar

COOLING SEASONAL PERFORMANCE FACTOR (CSPF)

Método: Apenas IDRS

Requisitos: Apenas obrigatório

Arquivo climático (EPW)

Horas de operação

Consumo em 35°C

Consumo Total	760,80	Consumo Parcial	336,40
---------------	--------	-----------------	--------

Capacidade em 35°C

Capacidade Total	2537	Capacidade Parcial	1397,60
------------------	------	--------------------	---------

<http://pb>

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br/cspf/>).

Os sistemas de condicionamento de ar devem atender aos requisitos de qualidade do ar interior e de conforto térmico conforme a norma ABNT NBR 16401. A potência do equipamento de renovação de ar deve ser incluída na potência total do sistema para o cálculo do coeficiente de eficiência energética.

Finalmente, o cálculo do coeficiente de eficiência energética deve ser realizado com base em uma equação que utiliza o IDRS como indicador de desempenho do equipamento. A carga térmica total anual da edificação, o IDRS, a potência do equipamento de renovação de ar e o total de uso da renovação de ar, conforme a tipologia avaliada, devem ser considerados no cálculo do coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

Alternativamente, para sistemas de ar-condicionado do tipo split com tecnologia inverter, o cálculo do coeficiente de eficiência energética pode ser ajustado para climas específicos, levando em conta a temperatura externa e as horas de operação do sistema. O Fator de Desempenho Sazonal de Resfriamento (CSPF) deve ser obtido através da interface web no site do PBE Edifica, utilizando o arquivo climático (EPW) do local específico e as horas reais de operação. Similarmente aos métodos anteriores, a carga térmica total anual da edificação, a potência e o total de uso do equipamento de renovação de ar devem ser utilizados no cálculo do coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar. Nesse caso, o indicador de eficiência considerado para o equipamento é o CSPF.

Equação 8 coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração.

$$CEE_R = \frac{CgTT_{real}}{\left(\frac{CgTT_{real}}{CSPF}\right) + \left(\frac{W_{vent} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000}\right)}$$

Onde:

1. CEER é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração;
2. CgTT_{real} é a carga térmica total anual (kWh/ano) da edificação real;
3. CSPF é o Cooling Seasonal Performance Factor;
4. W_{vent} é a potência do equipamento de renovação de ar (W);
5. h são as horas de uso da edificação, conforme tipologia das tabelas do Anexo A;
6. Nano são os dias de ocupação ao ano, conforme tipologia das tabelas do Anexo A.

3.4.2.2 SISTEMAS COM CAPACIDADE SUPERIOR A 17,6 kW

Abordaremos agora os métodos aplicáveis para sistemas de condicionamento de ar com capacidade superior a 17,6 kW. Nesses casos, o coeficiente de eficiência energética do sistema pode ser determinado pelo Método de Eficiência Energética Sazonal (SPLV) ou pela alternativa que utiliza o fator K.

Vamos iniciar com o método do SPLV (Seasonal Partial Load Value). O SPLV é uma média ponderada que relaciona o perfil de carga térmica anual com o perfil de consumo de energia anual de todo o sistema de condicionamento de ar, considerando quatro condições de carga: 100%, 75%, 50% e 25%.

Este método utiliza o mesmo cálculo do IPLV (Integrated Part Load Value) aplicado aos equipamentos, mas estende a análise a todos os componentes do sistema de ar-condicionado, incluindo equipamentos de refrigeração e o consumo de energia dos periféricos necessários para o funcionamento completo do sistema. Além disso, o cálculo do SPLV leva em conta o grupo climático onde o sistema será instalado, as horas de operação ao longo do dia, a tipologia da edificação e o tipo de sistema de condicionamento de ar.

Ao empregar este método, o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar é equivalente ao SPLV calculado, eliminando a necessidade de aplicar uma fórmula adicional que considere a carga térmica real da edificação, como é feito para sistemas com capacidades iguais ou inferiores a 17,6 kW.

O SPLV é determinado utilizando uma planilha de cálculo disponível no site do PBE Edifica. O preenchimento desta planilha deve ser realizado com os dados do projeto do sistema

de condicionamento de ar. As instruções de uso estão incluídas na própria planilha, que contempla seis tipos de sistemas com diferentes variáveis de entrada necessárias para o cálculo do SPLV.

Figura 31 Planilha de cálculo disponível no site do PBE Edifica.

	A	B	C	D	E	F	G
1	SPLV do sistema	6.103					
2							
3	Tipo do Circuito de Água Gelada			Primário/ Secundário			
4							
5	Grupo Climático	Input		GCL 24 (Cuiabá)			
6	Horas de Funcionamento do sistema - Semana	Input	horas	10		Atualizar dados	
7	Carga Térmica Total Simultânea - Pico de Verão para o Sistema de Água Gelada	Input	kW	5688,94			
8							
9	CHILLERS						
10	Tipo de Condensação			Água			
11	Qtde Chillers Operantes	Input		2,00			
12	Capacidade Mínima - 1 Chiller	Calc	kW	2844,47			
13	Capacidade Projeto - 1 Chiller	Calc/Input	kW	2844,47			
14	DT - Água Gelada nos Chillers	Input	°C	5,50			
15	Vazão de Água de Projeto por Chiller	Calc	m³/h	444,77			
16	Perda de Pressão - Chillers	Input	m.c.a.	7,00			
17	Temp. Entrada de Água Resfriamento - Pico de Projeto	Input (opcional)	°C	30,00			
18	Temp Entrada de Água de Resfriamento Mínima (dado de catálogo do Fabricante do Chiller)	Input (opcional)	°C	11,00			
19	COP - 100% Q _{CH}	Input na Célula H109		7,48			
20							
21	BOMBAS DO CIRCUITO PRIMÁRIO DE ÁGUA GELADA (BAGPs)						
22	Qtde BAGPs Operantes	Input		2,00			
23	Vazão de Água por Bomba	Calc/Input	m³/h	444,77			
24	Altura Manométrica da Bomba	Input	m.c.a.	13,00			
25	Eficiência da Bomba	Input	%	73,00			
26	Potência Absorvida no Eixo	Calc	kW	20,33			
27	Potência Nominal do Motor	Input	kW	16,00			
28	Bombas em Barrilete ou Dedicadas?	Input	B/D	D			
29	Controle Vazão? (se houver Inversor de Frequência)	Input	S/N	n			
30	Verificação da Potência Nominal do Motor em Cargas Parciais	Calc		Motor Subdimensionado			
31							
32	BOMBAS DO CIRCUITO SECUNDÁRIO DE ÁGUA GELADA (BAGSs)						
	Circuitos de Bombeamento para Distribuição de Água Gelada	Input		01	02	03	04

Fonte: (<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/PBE-Edifica-SPLV-AC-20201026.xlsm>)

As variáveis de entrada necessárias para o cálculo do SPLV incluem: o grupo climático, as horas de funcionamento do sistema, a carga térmica total (ou seja, o pico no verão) e o COP (Coefficient of Performance) calculado em quatro proporções de carga: 100%, 75%, 50% e 25%.

O segundo método disponível para sistemas com capacidade superior a 17,6 kW é o fator de ponderação K. Esse método é utilizado para sistemas de condicionamento de ar que não adotam o cálculo do SPLV para determinar a eficiência. Neste caso, um cálculo alternativo pode ser realizado com base nos requisitos de eficiência dos equipamentos, conforme o tipo de equipamento aplicado.

Neste método, o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar é obtido multiplicando a eficiência do resfriador de líquido pelo fator de ponderação K, que varia conforme a classificação climática especificada.

Tabela 11 Fator de ponderação(k)

Classificação climática	Fator de ponderação(k)	
	Condensação a ar	Condensação a água
Zonas bioclimáticas 1, 2 e 3	0,58	0,52
Zonas bioclimáticas 4, 5 e 6	0,62	0,56
Zonas bioclimáticas 7 e 8	0,64	0,58

Fonte: (Desenvolvida pelo Autor)

Após calcular a eficiência energética do sistema de condicionamento de ar utilizando um dos métodos apresentados anteriormente, podemos determinar o consumo de refrigeração por meio de uma equação específica.

Para calcular o consumo de refrigeração da edificação real, é necessário obter a carga térmica total anual da edificação, conforme apresentado no Anexo B1 da NBR 16401, e dividi-la pelo coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

Equação 9 Consumo de refrigeração da edificação real

$$C_{R,real} = CgTT_{real} / CEE_R$$

Onde:

$C_{R,real}$ é o consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano);

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

CEE_R é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração.

De forma análoga, a carga térmica total anual da edificação em sua condição de referência deve ser utilizada para o cálculo do consumo de refrigeração na condição de referência. Neste caso, considera-se a eficiência do sistema de referência equivalente a um COP de 2,6, juntamente com o consumo do equipamento de renovação de ar, que é obtido a partir da potência desse equipamento e do total anual de horas de operação.

Equação 10 consumo de refrigeração da edificação em sua condição de referência.

$$C_{R,refD} = (CgTT_{refD} / 2,6) + \left(\frac{W_{vent} \cdot h \cdot N_{ano}}{1000} \right)$$

Onde:

CR_{refD} é o consumo de refrigeração da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

$CgTTrefD$ é a carga térmica total anual (kWh/ano) da edificação em sua condição de referência;

W_{vent} é a potência do equipamento de renovação de ar (W);

h são as horas de uso da edificação, conforme tipologia das tabelas do Anexo A;

$Nano$ são os dias de ocupação ao ano, conforme tipologia das tabelas do Anexo A.

Com os dados calculados anteriormente, podemos determinar o percentual de redução do consumo de refrigeração, que é o dado final necessário para classificar o sistema de condicionamento. O percentual de redução do consumo de refrigeração deve ser calculado a partir dos valores do consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação em sua condição real e em sua condição de referência, conforme descrito na equação específica.

Equação 11 percentual de redução do consumo de refrigeração.

$$RedC_R = ((C_{R,refD} - C_{R,real}) / C_{R,refD}) \cdot 100$$

Onde:

$RedCR$ é o percentual de redução do consumo de refrigeração (%);

CR_{refD} é o consumo de refrigeração da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

CR_{real} é o consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano).

O percentual de redução obtido será utilizado para a classificação do sistema de condicionamento. Após a determinação do percentual de redução, realiza-se a classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar com base na tabela apropriada. O limite inferior do percentual de redução para cada intervalo de classificação varia de acordo com a classificação climática.

Figura 32 O percentual de redução do consumo de refrigeração.

Classificação climática	RedC _R (%)				
	Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D	Classif. E
Zonas bioclimáticas 1, 2 e 3	RedC _R > 51	51 ≥ RedC _R > 34	34 ≥ RedC _R > 17	RedC _R ≤ 17	RedC _R < 0
Zonas bioclimáticas 4, 5 e 6	RedC _R > 48	48 ≥ RedC _R > 32	32 ≥ RedC _R > 16	RedC _R ≤ 16	RedC _R < 0
Zonas bioclimáticas 7 e 8	RedC _R > 43	43 ≥ RedC _R > 29	29 ≥ RedC _R > 14	RedC _R ≤ 14	RedC _R < 0

Fonte: (Manual INI- C, Definições).

Além disso, é importante ressaltar que qualquer sistema que consumir mais do que a condição de referência, ou seja, com um percentual de redução menor que zero, será classificado na classe mais baixa de eficiência energética.

3.4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS EM RELAÇÃO AO CONDICIONAMENTO DE AR

A análise da eficiência energética do sistema de condicionamento de ar é essencial para a certificação do desempenho energético de edificações, principalmente públicas e comerciais. Neste trabalho, adotou-se como base o método do Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), o qual oferece uma avaliação mais realista da performance do equipamento, considerando diferentes faixas de carga térmica e condições climáticas típicas do território brasileiro.

Além do IDRS, a avaliação do sistema incluiu a verificação da densidade de potência por metro quadrado de área refrigerada, parâmetro fundamental para identificar possíveis excessos no dimensionamento da climatização e, conseqüentemente, otimizar o consumo energético. Outro pré-requisito considerado foi o isolamento térmico das tubulações, cuja ausência ou inadequação compromete significativamente o desempenho geral do sistema.

A metodologia aplicada exige que todos esses critérios — desempenho sazonal do equipamento, dimensionamento adequado da potência e cumprimento dos requisitos construtivos — sejam atendidos de forma simultânea para que o sistema de climatização alcance a classificação máxima de eficiência. Esse critério multidimensional garante uma abordagem técnica e robusta, promovendo não apenas a conformidade com a Instrução Normativa INI-C, mas também a eficiência prática e sustentável da edificação avaliada.

Assim, o conjunto dessas análises permite uma tomada de decisão mais precisa por parte dos gestores e profissionais envolvidos no planejamento energético das edificações, contribuindo para edificações mais sustentáveis e com menores custos operacionais.

4 EVOLUÇÃO DA PLANILHA DE CÁLCULO

De acordo com a fundamentação teórica, há uma necessidade crescente de implementar ferramentas de eficiência energética. Por esse motivo, foi elaborada uma planilha que aplica os métodos de etiquetagem desenvolvidos pelo Inmetro, com o intuito de criar um método de diagnóstico energético para analisar edificações públicas e propor melhorias. Neste tópico, será descrita a evolução da planilha de diagnóstico energético, em consonância com a atualização dos manuais elaborados pelo Inmetro.

4.1 ENVOLTÓRIA

O preenchimento da planilha será o mesmo tanto no método RTQ-C quanto no método INI-C. Primeiro, deve-se selecionar a aba "Envoltória". Nesta aba, é necessário preencher os dados da edificação referentes às fachadas norte, sul, leste e oeste. Para cada fachada, devem ser inseridas informações como comprimento, altura, cor utilizada e características construtivas da fachada e da cobertura. Caso a fachada tenha alguma abertura, também é preciso preencher essas informações, incluindo as dimensões das aberturas, o tipo de vidro usado nas janelas e se há algum tipo de proteção solar.

Figura 33 Imagem do preenchimento da fachada norte.

Fachada Norte										
Medidas externas		Aberturas			Proteção Solar			Absortância/Transmitância		
Comprimento [m]	Altura [m]	Comprimento [m]	Altura [m]	Tipo de Vidro	Tipo	D1	D2	Cor	Característica Construtiva da Parede	Característica Construtiva da Cobertura

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

Após o preenchimento dessas informações, a aba "Resultados" fornecerá as características construtivas dos edifícios, como: transmitância térmica, ângulo de sombreamento, percentual de abertura zenital, área da envoltória, entre outras, conforme mostrado na imagem abaixo. Além disso, a própria planilha implementará as formas de cálculo descritas no item 3.5.1.1 deste trabalho, para calcular a etiqueta de eficiência energética do edifício.

Figura 34 Resultados da planilha de cálculos

Envoltória									
Zona Bioclimática	Pré-requisitos				Dados Dimensionais da Edificação			Características das Aberturas	
Zona Bioclimática	ZBB				Atot	127,218	m ²	FS	0,55
Ucoba-ac	2,22	W/(m ² K)	aCOB	33%	Apocal	127,218	m ²	PAFt	11,70%
Ucoba-anc	2,22	W/(m ² K)	CTPAR	144	Afe	127,218	m ²	PAFo	4,31%
Upar	2,74	W/(m ² K)	aPAR	0,33%	Vtot	381,645	m ³	AVS	0
PAZ	4	%	FS	0,55	Aenv	263,715	m ²	AHS	0
Seto :	E								

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

Com a evolução para o método INI-C, tornou-se inviável implementar o cálculo e etiquetagem por este novo método, pois ele depende de um metamodelo desenvolvido pelos criadores da instrução, cujas fórmulas de cálculo não são disponibilizadas para o usuário. Deste modo, a planilha que implementa a etiquetagem pelo método anterior, o RTQ-C, ainda é um método viável para diagnóstico energético.

Além disso, a planilha pode ser utilizada para o preenchimento do metamodelo, uma vez que ela já fornece informações como transmitância térmica, fator solar das aberturas, entre outras. Isso facilita a vida do usuário, que não precisa consultar as tabelas do Inmetro constantemente. Basta informar as características construtivas na aba "Envoltória" e, com o retorno dessas informações, o usuário pode optar por utilizar o diagnóstico energético fornecido pela planilha ou usar os valores fornecidos para preencher o metamodelo.

4.1.1 FUNCIONAMENTO DA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

O processo de avaliação da envoltória da edificação, realizado por meio da planilha desenvolvida, inicia-se com o preenchimento dos dados dimensionais do edifício e das características construtivas na aba específica de envoltória. Nessa etapa, o usuário insere informações como comprimento, largura, altura, número de pavimentos, tipo de cobertura, paredes, janelas e materiais utilizados, além da indicação da zona bioclimática correspondente.

Com base nesses dados, a aba cálculos executa automaticamente os procedimentos necessários para determinar os principais parâmetros geométricos e térmicos da edificação. Entre os resultados gerados estão: área total da envoltória (A_{env}), volume da edificação (V_{tot}), fator de forma (A_{env}/V_{tot}), além de valores específicos como transmitância térmica, absorvância térmica e fator solar dos elementos construtivos, fundamentais para a análise do desempenho térmico da envoltória.

Esses dados são organizados e apresentados na aba resultados, que funciona como um painel de leitura técnica e consolidação da análise. Nessa aba, além da visualização clara dos parâmetros térmicos e geométricos calculados, a planilha realiza o cálculo do Indicador de

Consumo (IC) de acordo com a zona bioclimática da edificação, respeitando os limites definidos pelo RTQ-C. Em seguida, esses valores são automaticamente comparados com os pré-requisitos estabelecidos pela norma, permitindo classificar a eficiência da envoltória da edificação dentro da escala estabelecida, que vai de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), como mostra a figura 35.

Dessa forma, a ferramenta oferece uma solução prática e automatizada, que fornece ao avaliador um diagnóstico detalhado e confiável da eficiência energética da envoltória, possibilitando o uso dos dados também como base de entrada para análises mais avançadas, como as realizadas por meio do metamodelo da INI-C.

Figura 35 Cálculos ocultos da aba resultados.

Envoltoria													
Zona Bio Climática	ZB6		Pré-requisitos				Dados Dimensionais da Edificação				Características das Aberturas		
Ucob-ac	4,59	W/(m²K)	aDOB	49%	%	Atraz	167,776	m²	F6	0,53			
Ucob-anc	4,59	W/(m²K)	CI/PAE	152	W/(m²K)	Abacos	167,776	m²	PAE1	0,00%			
Upar	2,457	W/(m²K)	aPAR	0,49	%	Arqs	167,776	m²	PAE2	0,00%			
FAZ	4	%	FS	0,33		Vitr	561,76326	m²	AVS	0			
						Arqs	355,721	m²	AVS	0			
Fator forma			0,611458324	0,6	0,611458324	0,7	0,611458324	0,75	0,611458324	0,48	0,611458324		
Fator altura			1	Pré-requisitos									
	IC	ICmax	ICmin	Classe	Ucob-ac	Ucob-anc	Upar	Classe					
ZB1	128,3858333	136,9272333	131,5921333	1,833773	5	5	3	5					
	240,0565596	263,0399696	241,6218596	5,353525	1								
ZB2	411,7150714	425,1664714	414,5968714	2,6424	5	5	3	5					
	138,3766574	169,1602574	142,4728574	6,67185	1								
ZB3	411,7150714	425,1664714	414,5968714	2,6424	5	5	1	5					
	138,3766574	169,1602574	142,4728574	6,67185	1								
ZB4	64,009	68,5225	66,975175	0,38683125	5	5	1	5					
	308,0666733	511,5434733	303,0715733	52,117975	1								
ZB5	64,009	68,5225	66,975175	0,38683125	5	5	1	5					
	308,0666733	511,5434733	303,0715733	52,117975	1								
ZB6	888,4964	409,001	892,4281	4,143226	5	5	1	5					
	501,0821023	596,8285684	510,5480912	21,56979454	1								
ZB7	231,2483333	232,4833333	238,8400333	3,410625	5	5	5	5					
	#DIV/0!	489,4135333	489,4444333	4,9923	#DIV/0!								
ZB8	888,4964	409,001	892,4281	4,143226	5	5	5	5					
	501,0821023	596,8285684	510,5480912	21,56979454	1	5	5	1	5				
Soluções envoltoria					Soluções pré-requisitos								

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

4.2 ILUMINAÇÃO.

O levantamento da iluminação também evoluiu com a nova instrução normativa. Inicialmente, com a aplicação apenas do método RTQ-C, o cálculo era baseado em pré-requisitos e na análise da densidade de potência de acordo com o tipo de ambiente. Com a evolução, foi implementada uma análise separada para cada ambiente, atribuindo pesos adicionais se houver controle local ou sensores para minimizar desperdícios.

Figura 36 Preenchimento da tabela referente a iluminação.

Estabelecimento		Academia		
Iluminação				
Área do ambiente(m ²)	Posui controle local?	N. de Iluminárias	Potência da luminária (W)	Sensor

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

4.3 CONDICIONAMENTO DE AR.

Assim como nos levantamentos anteriores, a análise de eficiência do sistema de ar-condicionado também foi aprimorada. Inicialmente, avaliava-se apenas o selo de eficiência energética fornecido pelo Inmetro para o aparelho. Agora, além do selo, considera-se também o método do Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), que analisa informações como o volume do ambiente, a quantidade de pessoas que frequentemente o ocupam, a presença

de equipamentos que gerem calor e a zona bioclimática correspondente. Com essa abordagem mais detalhada, é possível avaliar de forma mais precisa se o ar-condicionado está dimensionado ou subdimensionado, de acordo com a quantidade de BTUs. Além disso, o pré-requisito de isolamento das tubulações foi mantido.

Figura 37 Preenchimento da tabela referente a ar-condicionado

Ambiente	Ar Condicionado						
	Ar Condicionado	Quantidade	Potência [BTU]	Selo do INMETRO	Pessoas que frequentam o ambiente	Equipamentos ligados ao ambiente	Possui Isolamento nas Tubulações?
Almoxarifado					1	1	
Sala de defesa agropecuária	SPLIT	1	9000	A	5	8	SIM
Sala sec de agricultura	SPLIT	1	9000	A	4	4	SIM
Cozinha					3	1	
Recepção					2	1	

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

4.4 UTILIZAÇÃO DA PLANILHA

A planilha tem por objetivo servir como uma ferramenta para a realização do diagnóstico energético no âmbito da gestão energética municipal. Inicialmente, a ferramenta utilizava apenas o método RTQ-C, mas foi atualizada para incorporar também a metodologia INI-C, possibilitando um diagnóstico energético mais abrangente e preciso. Neste tópico, será explicado detalhadamente como utilizar a planilha, garantindo sua correta aplicação na avaliação da eficiência energética das edificações.

4.4.1 ENVOLTÓRIA

Na aba “Envoltória”, é necessário preencher os dados externos da edificação, incluindo as dimensões das fachadas e das aberturas. Além disso, devem ser informadas as características construtivas das paredes e da cobertura para o cálculo da transmitância térmica. É fundamental

que as informações de todas as quatro fachadas sejam devidamente preenchidas. Para melhor compreensão, foi utilizado um exemplo prático, conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 38 Preenchimento das informações das fachadas para cálculo da envoltória.

The figure shows four spreadsheets for facade data entry, labeled Fachada Norte, Fachada Leste, Fachada Sul, and Fachada Oeste. Each spreadsheet has columns for external measurements (Medidas externas), openings (Aberturas), solar protection (Proteção Solar), and thermal transmittance (Absortância/Transmitância). The spreadsheets are filled with numerical data and text descriptions of facade components.

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

Em seguida, deve-se acessar a aba "Resultados" para visualizar os valores obtidos. Caso o usuário esteja satisfeito com os dados calculados pelo método RTQ-C, o diagnóstico estará concluído. A planilha irá gerar uma etiqueta de eficiência para a envoltória, explicando o motivo da nota atribuída e fornecendo recomendações para melhorar o desempenho térmico, com o objetivo de reduzir as deficiências identificadas. Abaixo, é apresentado um exemplo ilustrativo desse processo.

Figura 39 Resultados da Envoltória

The figure shows the 'Envoltoria' results page. It includes a table with climate zone (Zona Bioclimática: ZB2), prerequisites (Pré-requisitos), dimensional data (Dados Dimensionais da Edificação), and opening characteristics (Características das Aberturas). A large red 'E' is displayed, indicating a low efficiency rating. Text at the bottom explains the reason for the low rating and provides recommendations for improvement.

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

Caso o operador deseje utilizar o metamodelo elaborado pelo INI-C, ele pode coletar os valores calculados pela planilha e utilizá-los para preencher o metamodelo, conforme ilustrado na figura abaixo.

Figura 40 Preenchimento do Metamodelo

Sobre a edificação		M200
Estado:	PS	
Cidade:	João Pe.	
Não encontrou sua cidade?		
Número de pavimentos:	1	
Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?	Sim	
Escolha o pavimento:	Térreo	
Dados da Tipologia:		
Número de zonas térmicas:	1	
CaTreal: 3859,97 kWh/ano		
Calcular carga térmica		
Transmitância térmica do vidro:	(U _{vidro})	1,90
Absortância solar de cobertura:		0,43
Absortância solar da parede:		0,43
Pe-direito:	(m)	5,00
Percentual de abertura da fachada:		14,50
Ângulo horizontal de sombreamento:	(°)	20,00
Ângulo vertical de sombreamento:	(°)	63,00
Ângulo de obstrução vizinha:	(°)	0,00
Horas de ocupação:	(h)	8,00
Transmitância térmica da cobertura:	(U _{cobertura})	2,17
Transmitância térmica da parede:	(U _{parede})	2,45
Capacidade térmica da cobertura:	(C _{U_{cobertura}})	152,00
Capacidade térmica da parede:	(C _{U_{parede}})	152,00
Resultado de avaliação da envoltória (método simplificado)		Valor:
Densidade de carga térmica (real, por zona):		1,84
CgTRreal (por zona):		3859,97

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

4.4.2 ILUMINAÇÃO E CONDICIONAMENTO DE AR

Na planilha, os dados de iluminação e condicionamento de ar devem ser preenchidos conjuntamente, pois a análise é realizada separadamente para cada ambiente. Esse processo permite uma avaliação detalhada do desempenho energético de cada espaço, identificando possíveis ineficiências tanto no consumo de energia para iluminação quanto no uso de sistemas de climatização. Após a inserção desses dados, a planilha consolida as informações para gerar um resultado, proporcionando uma visão geral da eficiência energética do edifício como um todo. Essa abordagem permite que gestores e tomadores de decisão compreendam não apenas o desempenho individual de cada ambiente, mas também a eficiência global do edifício, facilitando a identificação de áreas que necessitam de melhorias e a implementação de medidas para otimizar o consumo de energia de maneira mais estratégica e eficaz. Como mostra a figura abaixo.

Figura 41 Exemplo do preenchimento da iluminação e do condicionamento de ar.

Ambiente	Ar Condicionado								Iluminação			
	Ar Condicionado	Quantidade	Potência (BTU)	Selo do INMETRO	Possuem que regulam o ambiente	Equipamentos ligados ao ambiente	Possui isolamento nas tubulações?	Área do ambiente (m²)	Possui controle local?	N. de luminárias	Potência do lâmpada (W)	Sensor
Hall	SPUT	1	42000	A	5	2	SIM	60	Não	4	20	
					0	10				6	6	
					0							
Escritório 1	SPUT	1	24000	A	5	0	SIM	40	Não	2	30	Controle sensível a luz natural
					0	5				4	30	
					0							
Escritório 2	SPUT	1	24000	A	5	5	SIM	40	Não	2	30	Controle sensível a luz natural
					0	5				4	30	
					0							
Reuniões	SPUT	1	24000	A	5	3	SIM	40	Não	2	30	Controle sensível a luz natural
					0					2		Controle dimensável com programação e desligamento automático
					0	5						
Elaheiros					0			20	Não	4	20	Controle com sensor de ocupação dimensável com desligamento automático
					0							
					0							
Depósito					0							
					0							
					0							

Etiqueta:

B

Etiqueta:

B

É necessário uma redução no consumo de energia de -561,1%

Fonte: (Retirado da planilha de cálculos).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão energética de edifícios públicos municipais é um aspecto fundamental para garantir o uso eficiente dos recursos, reduzir custos operacionais e contribuir para a sustentabilidade ambiental. No entanto, muitos municípios, especialmente os de pequeno porte, enfrentam desafios significativos nesse processo, pois não contam com profissionais capacitados para realizar análises detalhadas de eficiência energética apenas com base na Instrução Normativa. Diante desse cenário, a utilização de ferramentas que automatizam e simplificam essa avaliação se torna essencial para auxiliar na tomada de decisões estratégicas voltadas à economia de energia.

A planilha desenvolvida desempenha um papel crucial nesse contexto, pois permite que gestores municipais realizem um diagnóstico energético completo de seus edifícios de forma simples e acessível. A ferramenta possibilita a avaliação detalhada da envoltória, iluminação e condicionamento de ar, consolidando os resultados em um diagnóstico final que aponta o desempenho energético do edifício e sugere melhorias para otimizar o consumo de energia. Dessa forma, mesmo sem conhecimento técnico avançado, os responsáveis pela gestão dos prédios públicos podem identificar pontos de ineficiência e planejar ações corretivas de maneira eficaz.

Além de facilitar a análise, essa ferramenta também contribui diretamente para a redução dos gastos públicos com energia elétrica, um dos principais custos operacionais das administrações municipais. Com a identificação de medidas corretivas, como a substituição de sistemas de iluminação ineficientes, a melhoria da envoltória térmica das edificações e a otimização do uso de equipamentos de climatização, os municípios podem reduzir significativamente o consumo de energia sem comprometer a qualidade dos serviços oferecidos à população. Isso representa não apenas uma economia financeira, mas também uma iniciativa alinhada às políticas de sustentabilidade e redução do impacto ambiental.

Portanto, a implementação dessa ferramenta no âmbito da gestão energética municipal representa um avanço importante para os municípios que buscam melhorar a eficiência de seus edifícios públicos. Ao proporcionar um diagnóstico preciso e acessível, a planilha permite que gestores tomem decisões embasadas para aprimorar a eficiência energética de suas edificações, promovendo um uso mais sustentável dos recursos públicos e contribuindo para a preservação ambiental. Dessa forma, além dos benefícios econômicos, a ferramenta desempenha um papel estratégico na construção de cidades mais sustentáveis e eficientes.

Condições Climáticas		23,2		Pre-requisitos		Dados Dimensionais da Edificação		Características das Aberturas	
Temperatura média anual	4,39	W/m²K	PC/08	Área	585,78 m²	FS	0,50	U	0,50
Umidade relativa média	4,99	W/m²K	CT/08	Área	585,78 m²	PAF	3,87%	U	3,87%
Índice de radiação solar	2,497	W/m²K	CP/08	Área	585,78 m²	PAF	0,00%	U	0,00%
Índice de radiação solar	4	W/m²K	CP/08	Área	1913,08 m²	AVG	0	U	0
			FS	Área	907,20 m²	HAS	0	U	0

O edifício tem baixa eficiência de envelope devido à alta permeabilidade térmica da cobertura, isolamento térmico e baixa inércia térmica.

Para melhorar, recomenda-se o uso de sistemas térmicos, como EPS ou laje de inércia, reduzindo a perda de calor e a inércia térmica.

Selo: **E**

Ambiente	Ar Condicionado						Estabelecimento			Iluminação			Sensor
	Ar Condicionado	Quantidade	Potência (kW)	Selo de Ineficiência	Personas que frequentam o ambiente	Equipamentos ligados no ambiente	Possui isolamento nas tubulações?	Área no ambiente (m²)	Procur controle local?	N. de lâmpadas	Potência da lâmpada (W)		
Almoxarifado					1	1		11,8336	Não	1	30		
	SP LIT	1	9000 JA		3	8	Sim	19,126	Não	1	30		
Sala de defesa agropecuária					2	4	Sim	19,126	Não	1	30		
	SP LIT	1	9000 JA		2	1		8,228	Não	1	30		
Cozinha					3	1		7,3853	Não	1	30		
					2	1		44,254	Sim	2	30	Controlar sensível a luz natural	
Recepção					5	8		2,64	Não	1	30		
					1	1		67,446	Sim	5	30	Controlar sensível a luz natural	
Escritório					1								
					1								
Banheiro					1								
Corredor													

Etiqueta: **B**

B

Etiqueta: **B**

B

É necessário uma etiqueta no consumo de energia de: 719,29

③

2. Iluminação e Ar condicionado

Secretaria de educação

ESCOLA

Atividade Principal		PREFEITURA										
Ambiente	Tipo	Área	Iluminação					Condicionamento de Ar				Painel Isolamento nas Tubulações
			Número de Lâmpadas	Potência	Divisão de Circuitos	Contribuição de Luz Natural	Desligamento Automático	Ar Condicionado	Potência (BTU)	Selo do INMETRO		
HALL DE ENTRADA	RECEPÇÃO	8,19 x 6,30	04	32W	n	s	n	—	—	—	—	
ESCRITÓRIO	SALA DE FORMAÇÃO	6,24 x 7,09	04	32W	n	n	n	01	36000	C	sim	
ESCRITÓRIO	GABINETE DA SECRETARIA	6,22 x 6,1	04	32W	n	n	n	01	36000	C	sim	
		6,22 x 2,0	01	32W	n	n	n	—	—	—	—	
CORREDOR	CIRCULAÇÃO	29,6 x 2,17	04	30W	n	s	n	—	—	—	—	

Atividade Principal												
Ambiente	Tipo	Área	Iluminação					Condicionamento de Ar				Painel Isolamento nas Tubulações
			Número de Lâmpadas	Potência	Divisão de Circuitos	Contribuição de Luz Natural	Desligamento Automático	Ar Condicionado	Potência (BTU)	Selo do INMETRO		
CORREDOR	CIRCULAÇÃO	2,69 x 4,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ESCRITÓRIO	SECRETARIA ADJUNTA	4,89 x 3,71	02	30W	n	n	n	01	9000		sim	
ESCRITÓRIO	SETOE PSICOSSOCIAL	3,92 x 4,84	01	30W	n	n	n	01	12000	A	sim	
BANHEIRO	MASCULINO	5,5 x 2,95	02	30W	n	n	n	—	—	—	—	
BANHEIRO	FEMININO	5,24 x 2,95	02	30W	n	n	n	—	—	—	—	

5



LEVANTAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DAS UNIDADES
CONSUMIDORAS DA PREFEITURA DE MALTA-PB

Unidade consumidora: Secretaria de educação

Número de funcionários: 45

Horário de funcionamento: 7:00 às 17:00

Lista de equipamentos elétricos:

Ambiente	Descrição	Potência	Selo Procel
Hall de entrada	Ventilador		
"	Câmera		
"	Sensor		
Sala de formação	ar - condicionado	36000 BTU	C
Gabinete da secretaria	ar - condicionado	36000 BTU	C
"	notebook		
"	DVR		
"	Central de alarme		
"	rotador, sensor		
corredor	Geladeira		
"	Câmera		
"	Central de alarme		
corredor	sensor		
Secretaria adjunta	ar - condicionado	9000 BTU	
"	notebook (02)		
"	Impressora		
"	TV		
SETOR PSICOSSOCIAL	ar - condicionado		
"	notebook	12000 BTU	A
"	Impressora		

Zona de climatização		282	Pré-requisitos		UFPA	UFPA	Dados Dimensionais da Edificação		Características das Aberturas	
Horário	4:39	W/W/W/W	UFPA	489	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA
Indicador	4:39	W/W/W/W	UFPA	152	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA
Valor	2,457	W/W/W/W	UFPA	0,45	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA
UFPA	4	W/W/W/W	UFPA	0,55	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA	UFPA

Selo: **E**

O edifício tem baixa eficiência de energia devido à alta transmissão térmica na cobertura, amenizando o índice técnico final.

Para melhorar a eficiência se o uso de isolamento térmico, como EPS na laje, reduzindo a troca de calor e o consumo de energia.

Ambiente	Ar Condicionado					Iluminação						
	Ar Condicionado	Quantidade	Potência (BTU)	Selo de NÍVEL 1	Passos que frequentam o ambiente	Equipamentos ligados ao ambiente	Possui isolamento nas toldadeiras?	Área do ambiente (m²)	Possui controle local?	N. de luminárias	Potência da luminária (W)	Sensor
Recepção	SPLIT	0	0		5	3		57,8528	Não	4	30	Controla sensorial a luz natural
Auditoria	SPLIT	2	36000C		20	1	SIM	91,8355	Sim	8	24	
Sala de Formação	SPLIT	1	36000C		10	1	SIM	50,0873	Não	4	32	
Gabinete de secretarias					5	5	SIM	37,942	Não	4	30	Controla sensorial a luz natural
Cozinha	SPLIT	1	9000A		5	3		3,228	Sim	4	30	
Secretaria adjunta	SPLIT	1	12000A		2	4	SIM	18,1419	Não	2	30	
Sala Psicossocial					2	2	SIM	18,9728	Não	1	30	
Banheiro Masculino					1	1		16,225	Não	2	30	
Banheiro Feminino	SPLIT	1	9000A		1	1		15,458	Não	2	30	
Núcleo de Alimento Escolar	SPLIT	1	9000A		2	3	SIM	18,4698	Não	2	30	
Sala Técnica	SPLIT	1	9000A		2	5	SIM	18,3488	Não	2	30	

Etiqueta: **D**

Etiqueta: **B**

Verificar a eficiência energética dos equipamentos de climatização.

É necessário uma redução no consumo de energia de 10,550%

REFERÊNCIAS

- PBE EDIFICA. Manual INI-C: Definições. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/manuais/Manual_INI-C_Definicoes-AGO-23.pdf. Acesso em: 7 fev. 2025.
- PBE EDIFICA. Nota Técnica referente à Etiquetagem de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas em Blocos. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/Nota_Tecnica_Edif_Blocos.pdf. Acesso em: 7 fev. 2025.
- LABEEE - UFSC. IPTU Verde Salvador. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/20220405-IPTUVerdeSalvador.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2025.
- ESTRATÉGIA VESTIBULARES. Crise energética. Disponível em: <https://vestibulares.estrategia.com/portal/atualidades-e-dicas/crise-energetica/>. Acesso em: 7 fev. 2025.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO – FIA. Crise energética. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/crise-energetica/>. Acesso em: 7 fev. 2025.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.
- ALVAREZ, A. L. M.; SAIDEL, M. A. Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 1998.
- BRASIL. Decreto nº4.059 de 19 de dezembro de 2001. Brasília - DF, 2001b. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Acesso em 26 de 08 de 2022, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm.
- BRASIL. Lei nº10.295 de 17 de outubro de 2001. Brasília - DF, 2001a. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Acesso em 26 de 08 de 2022, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm.
- CRESESB. (2022). Potencial Solar SunData v 3.0. Acesso em 02 de 09 de 2022, disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>.
- ELETROBRAS/PROCEL. Manual para aplicação do RTQ-C. 2016. Disponível em: www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf.
- GELLER, H. O uso eficiente da eletricidade: Uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE: ACEEE, 1994
- Google. (2022). Google Earth. Acesso em 30 de 08 de 2022, disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>.
- IEA. International Energy Agency - Photovoltaic Power Systems Programme. Snapshot of Global PV Markets. Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/04/IEA_PVPS_Snapshot_2021-V3.pdf. Acesso em: 25 de 06 de 2022
- JANNUZZI, G. D. M. Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no brasil. Sustentabilidade na Geração e o Uso da Energia no Brasil: os próximos 20 anos, p. 35-36, 2002.
- LUQUE, A.; HEGEDUS, S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineer-ing. 2º. ed. [S.l.]: John Wiley and Sons, Ltd., 2011. p. 984-990

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Sistema Integrado Nacional. Balanço de Energia (2022a). Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: 04 de 06 de 2022.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Sistema Integrado Nacional. O sistema em números (2022b). Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 04 de 06 de 2022.

PBE EDIFICA. Programa Brasileiro de Etiquetagem. Etiquetagem de edificações públicas. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Etiquetagem_Edificacoes_Publicas.pdf. Acesso em: 09 de 06 de 2022.

PROCEL. PROCELInfo (2022). PROCEL GEM - Gestão energética Municipal. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDA732D505C4BE4243A5EE418B85372C4FPTBRIE.htm>. Acesso em: 26 de 05 de 2022.

UNEP. UN environment programme. 2022: meio ambiente em modo de emergência. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/2022-meio-ambiente-em-modo-de-emergencia>. Acesso em: 12 de 06 de 2022.

WEB PRESCRITIVO. Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Acesso em: 25 de 08 de 2022

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 out. 2001.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Empresa de Pesquisa Energética – EPE.** *Balanço Energético Nacional 2024: ano base 2023*. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-BEN>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. *Capacidade de Geração do Brasil – Abril de 2025*. Brasília, DF: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2025.

FERREIRA, Leticia Pires. Eficiência energética nas instalações prediais: estudo de caso de um edifício público em Brasília. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020.


INMETRO. Instrução Normativa INI-C – Classificação da Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2021.

OLIVEIRA, Lilian Silva de. Gestão energética de edificações públicas no Brasil. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

REVISTA SISTEMAS & GESTÃO. Eficiência energética em uma edificação pública: uma análise das possibilidades. *Sistemas & Gestão*, v. 12, n. 4, p. 455–466, 2017. DOI: 10.20985/1980-5160.2017.v12n4.1183.

ELETROBRAS. Selo Procel. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, 2023. Disponível em: <https://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

INMETRO. Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro>. Acesso em: 23 jun. 2025.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de conclusão de Curso.

Assunto:	Trabalho de conclusão de Curso.
Assinado por:	Renan Bernardo
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

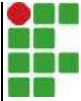
- Renan Bernardo Ferreira, ALUNO (20161610041) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 25/08/2025 18:23:16.

Este documento foi armazenado no SUAP em 25/08/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1585330

Código de Autenticação: c5adf6477e



	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC+ficha catalográfica+ assinatura da banca.

Assunto:	TCC+ficha catalográfica+ assinatura da banca.
Assinado por:	Renan Bernardo
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

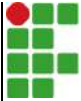
- Renan Bernardo Ferreira, ALUNO (20161610041) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 26/09/2025 13:59:08.

Este documento foi armazenado no SUAP em 26/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1623590

Código de Autenticação: 1345f30ff1



	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de Conclusão de curso

Assunto:	Trabalho de Conclusão de curso
Assinado por:	Renan Bernardo
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:


- Renan Bernardo Ferreira, ALUNO (20161610041) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 29/09/2025 11:13:15.

Este documento foi armazenado no SUAP em 29/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1624972

Código de Autenticação: 9377c407e2



	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC Renan Bernardo Ferreira

Assunto:	TCC Renan Bernardo Ferreira
Assinado por:	Renan Bernardo
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Renan Bernardo Ferreira, ALUNO (20161610041) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 01/10/2025 13:11:54.

Este documento foi armazenado no SUAP em 01/10/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1628389

Código de Autenticação: 24460df345

