

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA DE ENERGIA**

IZABELLE MORALES LOPES

**EDIFICAÇÃO EFICIENTE: COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE
ETIQUETAGEM DE 2014 E 2021 NO BLOCO DA FAEN – UFGD**

DOURADOS, 2022

IZABELLE MORALES LOPES

**EDIFICAÇÃO EFICIENTE: COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE
ETIQUETAGEM DE 2014 E 2021 NO BLOCO DA FAEN – UFGD**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, na área de concentração 3.04.04.06-1 Instalações Elétricas Prediais e Industriais, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima

DOURADOS, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L864e Lopes, Izabelle Morales

EDIFICAÇÃO EFICIENTE: COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE ETIQUETAGEM DE 2014 E 2021 NO BLOCO DA FAEN - UFGD [recurso eletrônico] / Izabelle Morales Lopes. -- 2022.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Aureo Cezar de Lima.

TCC (Graduação em Engenharia de Energia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. edificação eficiente. 2. eficiência energética. 3. métodos de etiquetagem. I. Lima, Aureo Cezar De. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

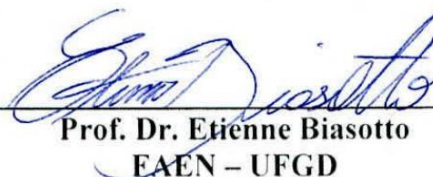
IZABELLE MORALES LOPES

**EDIFICAÇÃO EFICIENTE: COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE
ETIQUETAGEM DE 2014 E 2021 NO BLOCO DA FAEN – UFGD**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, na área de concentração 3.04.04.06-1 Instalações Elétricas Prediais e Industriais, pela comissão formada por:



**Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar Lima
FAEN – UFGD**



**Prof. Dr. Etienne Biasotto
FAEN – UFGD**



**Enga. Karen Ayumi Kubota Cândido
DIPROJ – UFGD
Prefeitura Universitária**

**DOURADOS -MS
23 DE JUNHO DE 2022**

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter iluminado meu caminho e me dado perseverança para chegar até aqui, à minha família por me apoiar e me dar forças para seguir meus objetivos, aos amigos de longa data e aos que conquistei nesses anos de curso pelos momentos de descontração e ajuda nas dificuldades, aos técnicos dos laboratórios pela disposição em sempre auxiliar nos experimentos, aos professores que se empenharam e se dedicaram para transferir seus ensinamentos e aprendizagens, em especial ao meu orientador Dr. Aureo Cezar de Lima pela paciência e apoio no desenvolvimento desse trabalho e a administração da Universidade, com destaque à divisão de projetos, que disponibilizou os dados necessários do bloco da Faculdade de Engenharia para as análises.

RESUMO

O crescente consumo mundial de energia elétrica trouxe à tona a busca pela utilização racional da energia elétrica e a geração de eletricidade por fontes renováveis. Dessa forma, foram criados os conceitos de eficiência e sustentabilidade, moldando vertentes da arquitetura e engenharia para construção de edificações pensadas na economia de energia, aproveitamento dos recursos naturais e autossuficiência energética. Para que uma edificação seja considerada eficiente no Brasil é preciso que ela passe por uma avaliação da envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar, resultando em uma etiquetagem classificatória. Desde 2014, o processo de avaliação seguia um modelo mais simples, contudo, a partir de 2021, a avaliação passou a se basear no consumo de energia primária do edifício, com o intuito de aprimorar o método de avaliação. Sendo assim, esse trabalho tratou de classificar um bloco da Universidade Federal da Grande Dourados através dos dois métodos para fins comparativos, resultando no mesmo nível de classificação geral, nível “A”, sendo o mais alto nível de eficiência no método de 2014 mas não no de 2021, uma vez que é mais criterioso e mais próximo da condição real de consumo, avaliando a redução de consumo de energia primária da edificação em 51,40%, apontando para melhorias que podem ser feitas.

Palavras-chave: edificação eficiente, eficiência energética, métodos de etiquetagem.

ABSTRACT

The worldwide increase of electricity consumption has brought to light the search for the rational use of electricity and the generation from renewable sources. In this way, the concepts of efficiency and sustainability were created, shaping aspects of architecture and engineering for the construction of buildings designed with the idea of energy savings, better use of natural resources and energy self-sufficiency. To be considered an efficient building in Brazil, it needs to be evaluated for its envelope, lighting system and air conditioning system, resulting in a classification labeling. Since 2014, the process of rating followed a simpler model, however from 2021, the evaluation is based on the building's primary energy consumption in order to improve the method. Therefore, this study worked on classifying a building of Grande Dourados Federal University through the two methods for comparative purposes, culminating in the same level of general classification, level "A", being the highest level of efficiency in the 2014 method but not in the 2021, since the last one is more judicious and closer to the actual condition of consumption, evaluating the reduction in primary energy consumption of the building at 51,40%, pointing to improvements that can be made.

Keywords: efficient building, energy efficiency, labeling methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz elétrica brasileira 2020.	21
Figura 2 – Estrutura do consumo de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional.....	22
Figura 3 – ENCE e Selo PROCEL para equipamentos.	24
Figura 4 – Logotipo PROCEL Edifica e Programa Brasileiro de Etiquetagem.	25
Figura 5 – Consumo de eletricidade e energia conservada no setor de serviços.....	25
Figura 6 – ENCE Edificações 2014.....	29
Figura 7 – ENCE Edificações 2021 primeira página.	30
Figura 8 – ENCE Edificações 2021 páginas adicionais.	31
Figura 9 – Exemplo de abertura zenital.....	35
Figura 10 – Exemplo de ângulo de sombreamento vertical e horizontal.	37
Figura 11 – Exemplo de zona primária de iluminação.....	49
Figura 12 – Fachada do bloco da FAEN	57
Figura 13 – Elevador para pessoas com deficiência.....	59
Figura 14 – Escadaria do bloco da FAEN.....	60
Figura 15 – Janelas das fachadas norte e sul.	60
Figura 16 – Quadro de carga Q5 no laboratório de ensino de Engenharia de Produção....	61
Figura 17 – Sombreamento nas janelas do pavimento superior ocasionado pelos brises. .	61
Figura 18 – Pintura exterior do edifício.	62
Figura 19 – Bloco da FAEN vista por satélite.....	64
Figura 20 – Janela com abertura da fachada oeste.	64
Figura 21 – Iluminação com circuito separado para as lâmpadas próximas às janelas para o aproveitamento da luz natural.	65
Figura 22 – Luminária com lâmpada LED tubular 2x20W.....	66
Figura 23 – Exemplo dos condicionadores de ar usados no bloco da FAEN.....	67
Figura 24 – Conjunto de inversores do sistema fotovoltaico do bloco FAEN em 2022.	68
Figura 25 – Entrada dos dados no metamodelo para obtenção da carga térmica total anual da envoltória na condição real.	72
Figura 26 – Dados de entrada na interface para obtenção da fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação.....	73
Figura 27 – Resultado da classificação da envoltória pelo metamodelo.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores de referência para cálculo de energia primária e classificação de eficiência para edificações educacionais.	44
Quadro 2 – Área útil dos ambientes que constituem o bloco da FAEN.	58
Quadro 3 – Resultado dos limites para os níveis de classificação da envoltória pelo método de 2014.	64
Quadro 4 – Resultado dos limites dos níveis de classificação da envoltória pelo método de RTQ-C 2021.	72
Quadro 5 – Limites dos níveis de eficiência energética para classificação do sistema de iluminação pelo método de RTQ-C 2021.	75
Quadro 6 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para a classificação geral pelo método de 2021.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Transmitância térmica máxima de cobertura para diferentes níveis de eficiência.....	36
Tabela 2 – Transmitância térmica máxima de paredes externas para diferentes níveis de eficiência.....	36
Tabela 3 – Limites de fator solar de vidros (FS) e de percentual de abertura zenital para coberturas (PAZ).	36
Tabela 4 – Percentual de área de abertura na fachada total (PAF _T), fator solar (FS), ângulo vertical de sombreamento (AVS) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS) do indicador de consumo máximo para nível D e indicador de consumo mínimo.	38
Tabela 5 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.	39
Tabela 6 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido.....	40
Tabela 7 – Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de resfriamento para nível A.	41
Tabela 8 – Pontuação para classificação geral da ENCE Edificação 2014.	43
Tabela 9 – Edificações educacionais: coeficiente de redução de carga térmica anual da classificação D para A (CRC _{gTT_{D-A}}), com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente.....	46
Tabela 10 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação da envoltória pelo método de 2021.....	46
Tabela 11 – Eficiência de condicionadores de ar do tipo volume de fluido variável (VRF) com condensação a ar que operam somente em refrigeração para classificação A.	48
Tabela 12 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação do sistema de condicionamento de ar pelo método de 2021.	49
Tabela 13 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação do sistema de iluminação pelo método de 2021.....	51
Tabela 14 – Edificações educacionais: coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A (CRCEPD-A), com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente.	53

Tabela 15 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação geral pelo método de 2021.....	53
Tabela 16 – Parâmetros para determinação da classificação da envoltória RTQ-C 2014..	63
Tabela 17 – Resultados da potência limite para a categoria “A” do sistema de iluminação.	66
Tabela 18 – Média de consumo mensal de energia elétrica do bloco da FAEN.	69
Tabela 19 – Resultado da determinação da ENCE do bloco da FAEN pelo RTQ-C 2014.	70
Tabela 20 – Parâmetros adicionais para a classificação da envoltória RTQ-C 2021.....	71
Tabela 21 – Classificação do sistema de condicionamento de ar pelo RTQ-C 2021.....	74
Tabela 22 – Resultados da classificação geral do edifício pelo método RTQ-C 2021.	77
Tabela 23 – Resultados da análise das emissões de gás carbônico.	78
Tabela 24 – Classificação dos sistemas individualmente e geral pelos métodos ENCE 2014 e 2021.	79

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

α :	Absortância à Radiação Solar
λ :	Condutividade Térmica
ABESCO:	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT:	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC:	Área Condicionada Artificialmente
A_{env} :	Área da envoltória
AHS:	Ângulo Horizontal de Sombreamento
AI:	Área Iluminada
ANC:	Área Não Condicionada Artificialmente
ANEEL:	Agência Nacional de Energia Elétrica
AOV:	Ângulo de Obstrução Vizinha
APP:	Área de Permanência Prolongada
APT:	Área de Permanência Transitória
AVS:	Ângulo Vertical de Sombreamento
BEN:	Balanço Energético Nacional
BL:	Benefício Líquido (R\$)
BP:	<i>British Petroleum</i>
CgT:	Carga Térmica
COP:	Coefficiente de Performance
CT:	Capacidade Térmica
DCI:	Densidade de Carga Interna
DPE:	Densidade de Potência dos Equipamentos
DPI:	Densidade de Potência de Iluminação
DPI _L :	Densidade de Potência de Iluminação Limite
EEP:	Edificação de Energia Positiva
EEQZ:	Edificação de Energia Quase Zero
EEZ:	Edificação de Energia Zero
ELETOBRAS:	Centrais Elétricas Brasileira S.A.
ENCE:	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ENV:	Envoltória

EPE:	Empresa de Pesquisa Energética
FA:	Fator de Altura
FACET:	Faculdade de Ciências Exatas
FAEN:	Faculdade de Engenharia
FF:	Fator de Forma
FS:	Fator Solar
GC:	Grupo Climático
GOV:	Governo
GW:	Giga-Watt
ICAB:	<i>International Copper Association Brazil</i>
ICOP:	Coeficiente Integrado de Performance
IEA:	<i>International Energy Agency</i>
INEE:	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INMETRO:	Instituto Brasileiro de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LABEEE:	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LABREN:	Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia
MME:	Ministério de Minas e Energia
MONITOREE:	Monitor de Eficiência Energética
OIA:	Organismo de Inspeção Acreditado
PAF:	Percentual de Área de Abertura na Fachada
PAF _o :	Percentual de Área de Abertura na Oeste
PAF _T :	Percentual de Área de Abertura na Fachada Total
PAZ:	Percentual de Abertura Zenital
PBE:	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PD:	Pé-Direito
PI:	Potência Instalada de Iluminação
PI _T :	Potência Instalada Total
PROCEL:	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAC:	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
RTQ-C:	Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-R:	Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais

SCOP:	Coeficiente Sazonal de Performance
SIN:	Sistema Interligado Nacional
U:	Transmitância Térmica
UFGD:	Universidade Federal da Grande Dourados
VRF:	Sistema de Fluxo de Refrigerante Variável
V _{tot} :	Volume Total
ZB:	Zona Bioclimática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	20
2.2	GESTÃO DE ENERGIA.....	23
2.3	MÉTODOS DE ETIQUETAGEM.....	26
2.4	SÍNTESE REFERENCIAL	33
3	METODOLOGIA	34
3.1	RTQ-C 2014	34
3.1.1	Classificação da envoltória.....	34
3.1.2	Classificação do sistema de iluminação	39
3.1.3	Classificação do sistema de condicionamento de ar.....	41
3.1.4	Bonificações	42
3.1.5	Classificação geral.....	42
3.2	RTQ-C 2021	43
3.2.1	Classificação da envoltória.....	45
3.2.2	Classificação do sistema de condicionamento de ar.....	47
3.2.3	Classificação do sistema de iluminação	49
3.2.4	Classificação geral.....	51
4	DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS ENCEs	56
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO BLOCO DA FAEN	56
4.2	Determinação da ENCE pelo RTQ-C de 2014	61
4.2.1	Classificação do sistema de iluminação	65
4.2.2	Classificação do sistema de condicionamento de ar.....	67

4.2.3	Bonificações	68
4.2.4	Classificação geral.....	69
4.3	DETERMINAÇÃO DA ENCE PELO RTQ-C DE 2021	70
4.3.1	Classificação da envoltória.....	71
4.3.2	Classificação do sistema de condicionamento de ar.....	74
4.3.3	Classificação do sistema de iluminação	75
4.3.4	Classificação geral.....	76
5	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A – PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DO PAVIMENTO SUPERIOR DO BLOCO FAEN	86
	APÊNDICE B – PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DO PAVIMENTO TÉRREO DO BLOCO FAEN	87
	APÊNDICE C – PROJETO ELÉTRICO DO PAVIMENTO SUPERIOR DO BLOCO FAEN	88
	APÊNDICE D – PROJETO ELÉTRICO DO PAVIMENTO TÉRREO DO BLOCO DA FAEN	889
	APÊNDICE E – CORTE TRANSVERSAL DO BLOCO DA FAEN.....	90
	APÊNDICE F – CORTE LONGITUDINAL DO BLOCO DA FAEN	91

1 INTRODUÇÃO

O uso da energia elétrica no mundo vem crescendo a cada ano, seja pelo aumento populacional, novas tecnologias, métodos e serviços, melhora das condições econômicas de alguns países permitindo que mais pessoas tenham acesso à energia elétrica ou pela substituição de tecnologias dependentes de outros insumos por tecnologias mais avançadas e limpas, alimentadas pela eletricidade (BP, 2020). No Brasil o cenário não é diferente, a 2ª Revisão Quadrimestral das projeções da demanda de energia elétrica estima que entre 2020 e 2024 o aumento no consumo de energia elétrica será de 3,8% ao ano (MME, 2020). Em 2021, mais de 51% do consumo foi demandado pelos setores residencial, comercial e público (BEN, 2021).

A geração da energia elétrica no Brasil é majoritariamente oriunda de hidrelétricas e outras fontes de energia renováveis. Em 2020, a matriz elétrica brasileira obteve 65,2% de sua geração a partir de recursos hídricos, seguido de 9,1% da biomassa, 8,8% de recursos eólicos, 8,3% do gás natural e 8,6% das demais fontes (BEN, 2021). Ainda que esse cenário seja melhor do que a matriz elétrica mundial, constituída principalmente por fontes não renováveis (IEA, 2021), todo tipo de geração causa impactos no meio ambiente, trazendo à tona a preocupação com a economia de energia, eficiência energética e sustentabilidade.

A economia de energia é importante pois diminui a demanda de eletricidade, reduzindo custos de produção e distribuição bem como preserva os recursos naturais. A eficiência energética pode ser definida como a manutenção do padrão de qualidade e conforto com o menor consumo de energia possível (INEE, 2020). Já a sustentabilidade, busca o uso consciente dos recursos naturais e a reutilização dos mesmos, suprimindo as necessidades e evitando desperdícios (SOUSA, 2021).

Dessa forma, criou-se a gestão de energia, sendo um conjunto de ações efetuadas para otimização do consumo de energia elétrica e aumento da eficiência energética, que ocasiona economia e sustentabilidade. Esse sistema deve ter um acompanhamento contínuo para que efetivamente gere resultados a longo prazo. Ele pode ser aplicado em qualquer tipo de segmento e para qualquer tipo de perfil de consumo. Com um bom projeto de gestão energética, a instalação poderá implantar um sistema que revise e atualize continuamente as medidas implementadas para que os benefícios e objetivos tenham uma longa duração (ICAB, 2017).

Analogamente, surgiu o conceito de edificação eficiente, uma instalação que possibilita a manutenção do padrão dos usuários com menores impactos ambientais e consumo de energia. Essa construção pode ser pensada desde o seu projeto considerando sua localização geográfica, materiais estruturais, equipamentos, localização de portas e janelas, para o melhor aproveitamento da luz solar, correntes de vento e água (LABEEE, 2010). Os imóveis que além de serem eficientes conseguem ser autossustentáveis energeticamente, são chamados de edifícios de energia zero (LIMA, 2012). Também há a possibilidade de adequação de uma edificação já existente nas normas de etiquetagem para que ela se torne uma edificação eficiente.

Para incentivar os brasileiros a aderirem a modelos de aparelhos mais eficientes, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Em 1993, esse programa criou o selo PROCEL, uma etiquetagem para identificação dos equipamentos com maior eficiência energética. De forma semelhante, em 2003 foi criado o PROCEL Edifica, etiqueta para identificação de edificações (ELETROBRAS, 2020). Para a obtenção desses selos, o equipamento ou a edificação devem possuir categoria A em todas as categorias avaliadas, previamente definidas, e detalhadas na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (PROCEL, 2021). Desde 2016, o Inmetro em parceria com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, trabalharam no desenvolvimento de uma nova análise para a etiquetagem de edificações, sendo divulgada em 2021 (GOV, 2021).

Edificações eficientes ou de energia zero reduzem os custos, otimizam espaço e consumo, incentivam a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, além de diminuir a emissão de gases poluentes e incentivarem a comunidade a fazer um consumo mais consciente e sustentável. Um exemplo desse tipo de edificação foi construído em Florianópolis pela Universidade Federal de Santa Catarina, sendo o departamento de engenharia civil um edifício classificado na categoria A, obtendo o selo em 2016 através do método prescritivo (GOV, 2022). Estudos para a obtenção da classificação A também vêm ocorrendo na Universidade Federal do Pará e na Universidade Federal de Itajubá.

Dessa forma, o estudo desenvolvido nesse trabalho tratará de analisar, classificar e indicar propostas para a melhoria no desempenho energético no bloco da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, baseado nos métodos de etiquetagem de 2014 e de 2021, considerando o selo PROCEL Edifica. Para tanto, serão analisados os projetos e dados fornecidos pela Prefeitura Universitária da UFGD, as cargas instaladas, equipamentos usados, envoltória, sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar, de

aquecimento de água, ventilação natural, bem como a utilização de painéis de energia fotovoltaica para comparação dos métodos de etiquetagem, categorização do edifício e proposição de alternativa para o aumento da eficiência energética do prédio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A área de gestão e eficiência energética visa principalmente a economia de energia, o que diminui, conseqüentemente, a demanda de produção e seus impactos. Para entender a preocupação com a redução da demanda de energia elétrica é importante compreender as formas de geração e os impactos causados ao meio-ambiente, bem como o perfil de consumo elétrico dos brasileiros.

2.1 GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

De acordo com suas fontes, a geração de energia elétrica é dividida em dois grupos: renováveis e não renováveis. As renováveis são aquelas que a natureza consegue repor em um período de tempo humano, enquanto as fontes não renováveis, são repostas pela natureza em um período de tempo geológico, ou seja, mais longo (EPE, 2021).

As fontes de energia não renováveis são: petróleo e derivados, nuclear, gás natural e carvão mineral. Parte dessas fontes geram energia usadas como combustíveis para aquecer uma caldeira, produzir vapor d'água e girar turbinas a vapor acopladas ao gerador, que transforma essa energia mecânica em energia elétrica; outra parte utiliza o calor da queima em alta pressão diretamente para acionar a turbina. Esse é o princípio das termelétricas e, no Brasil, a maioria delas utilizam o gás natural como combustível (EPE, 2016).

O carvão mineral é obtido a partir da mineração em jazidas e sua exploração causa grandes impactos ambientais, segundo Gonçalves (2008), os maiores impactos relacionados à essa fonte de energia são: a acidificação dos solos e das águas e a alteração da flora e fauna da região, sendo a acidificação causada pelos químicos usados na extração e por sedimentos gerados durante o processo de retirada do carvão, a contaminação do ar por gases e poeiras, a evasão dos animais da região por ruído, vibração e movimentações e a alteração do relevo e da vegetação pelas escavações.

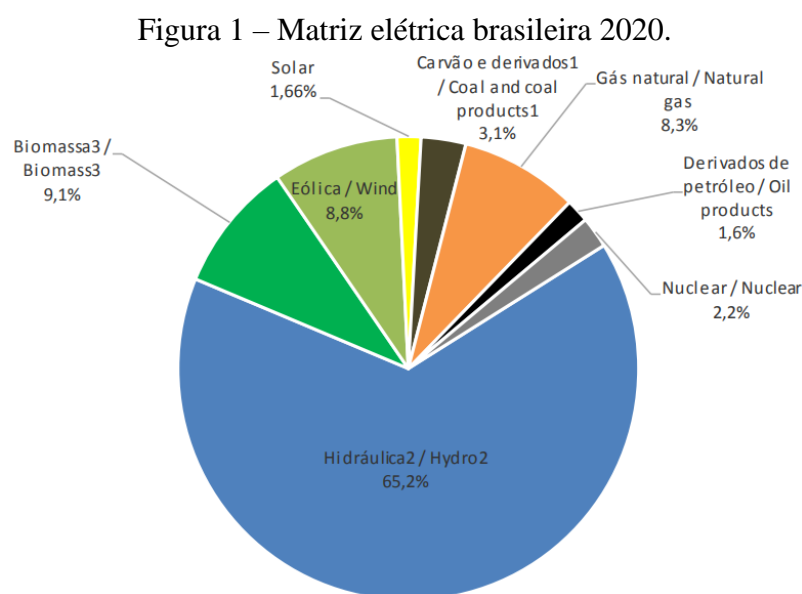
Para Martins (2015), “*pela complexidade da composição química do petróleo, o risco quanto as suas atividades e seu manuseio é, [...] de grande potencial*”. De acordo com o autor, essa fato se dá pois a extração de petróleo de jazidas podem causar contaminação dos mares,

solos e lençóis freáticos tanto por vazamento quanto por descarte indevido de rejeitos, poluição do ar por meio da emissão de gases poluentes durante o teste do poço e interferência na vegetação e vida animal da região. Como o gás natural pode ser encontrado juntamente com o petróleo, seus impactos são os mesmos.

A energia elétrica quando produzida por uma fonte nuclear a partir da fissão dos átomos de um elemento químico, geralmente o urânio enriquecido, liberam energia que é utilizada para aquecer a água e movimentar as pás da turbina a partir do vapor, conectadas a um gerador, como nas termelétricas. O urânio é um elemento radioativo, capaz de contaminar solos e águas, se for mal armazenado ou descartado (EPE, 2020).

As fontes de energia renováveis são: solar, hídrica, oceânica, biomassa, eólica e geotérmica. Em áreas litorâneas, a energia das ondas e das marés pode ser transformada em energia elétrica a partir de diferentes equipamentos mecânicos. Há também a geração de energia através da biomassa, que aproveita os recursos orgânicos que seriam descartados pela própria instalação como combustível para produzir eletricidade em termelétricas (EPE, 2020).

No Brasil, a maior parte da matriz energética é oriunda de hidrelétricas que aproveitam a energia potencial gravitacional da água de rios para mover uma turbina e converter essa energia mecânica em elétrica. O predomínio da matriz elétrica por essa fonte se deve ao fato da abundância desse recurso no Brasil. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2020), o país possui um potencial hidrelétrico de 172 GW, onde 60% dessa capacidade já se encontra aproveitado. Na Figura 1 é apresentada a Matriz Elétrica Brasileira do ano de 2020.



Fonte: BEN, 2021.

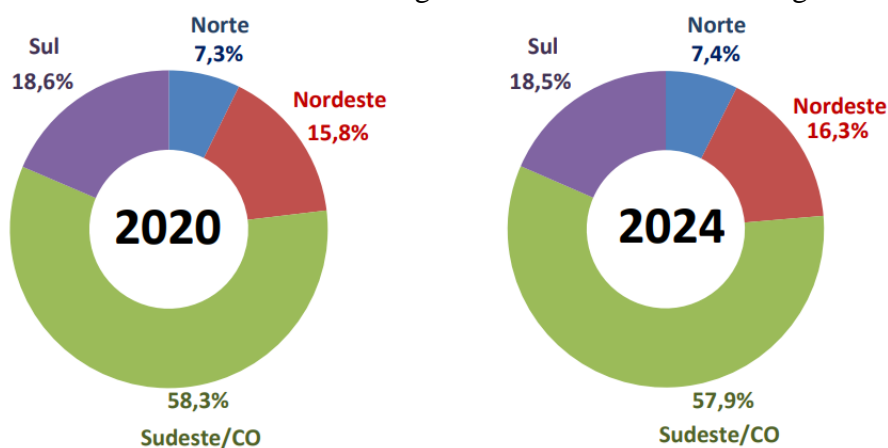
A partir da matriz elétrica apresentada na Figura 1 é possível identificar que o Brasil aproveita pouco do potencial para geração a partir de energia solar. Mesmo tendo muitas áreas favoráveis para a geração a partir dessa fonte, apenas 1,66% da energia elétrica do país advém da energia solar.

Instalações com grandes áreas livre como telhados de blocos das universidades podem abrigar painéis fotovoltaicos, onde a luz solar é captada e transformada em eletricidade por meio de células semicondutoras, que transformam os fótons em eletricidade. A corrente gerada é contínua, sendo convertida para alternada pelo inversor, podendo ser estocada em baterias (instalações isoladas) ou inserida diretamente no sistema elétrico (instalações conectadas à rede). Esse método ainda ajuda no conforto térmico das construções. A energia solar possui baixo impacto ambiental, sendo esse, principalmente, no descarte e produção das placas fotovoltaicas (RÜTHER, 2004).

O Brasil encontra-se quase inteiramente na região tropical do planeta, área que recebe a maior incidência solar e ainda assim não aproveita de forma expressiva essa energia recebida. Estima-se que a irradiação média diária do Brasil esteja em torno de 5 kWh/m² na região sul e 5,7 kWh/m² na região centro-oeste (LABREN, 2017), onde encontra-se o bloco da FAEN, foco desse trabalho.

O subsistema composto pela região Sudeste e Centro-Oeste é o que mais consome energia elétrica do Sistema Interligado Nacional, e continuará até 2024, conforme detalhado nos gráficos da Figura 2. Na categorização por classe, a 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica 2020-2024 demonstram que a classe Outros, que engloba o setor público, rural e de consumo próprio, terá a maior taxa de crescimento médio no consumo de energia elétrica no período, 4,3% (EPE,2020).

Figura 2 – Estrutura do consumo de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional.



Fonte: EPE, 2020.

O Plano Decenal de Expansão de Energia de 2030 estima que nesse ano o setor de edificações e serviços públicos será o maior consumidor de eletricidade, representando 52%. O documento também salienta a necessidade de expansão da capacidade instalada do Sistema Interligado Nacional (SIN) em 171 GW até o final do período projetado, a fim de suprir as expectativas de aumento do consumo de eletricidade (EPE, 2021).

Sendo assim, fica evidente a importância da adoção de medidas de eficiência energética e sustentabilidade para a redução do consumo de energia e, conseqüentemente, dos impactos ambientais devido ao crescimento populacional e econômico.

2.2 GESTÃO DE ENERGIA

Com o histórico de demanda energética e projeções para o futuro, foi instaurada uma maior preocupação com o consumo de energia e uso dos recursos naturais. Buscando meios de manter o padrão de vida dos consumidores atuais e possibilitar o mesmo para os consumidores futuros, a gestão de energia foi criada. A gestão de energia é um conjunto de ações efetuadas para otimização do consumo de energia elétrica e aumento da eficiência energética, que ocasiona economia e sustentabilidade (ICAB, 2017).

Alves (2014) cita que entre os objetivos mais importantes da gestão de energia, destacam-se: a redução do consumo, o aumento do desempenho energético e da fração de energia proveniente de fontes renováveis, e a maximização da conversão energética, em especial, o aproveitamento de fontes ou energia que seriam descartadas. Desempenho energético, por sua vez, abrange a eficiência e a intensidade energética.

A eficiência pode ser melhorada de diversas maneiras: um projeto elétrico bem executado a partir do bom dimensionamento dos condutores, emendas realizadas corretamente, correção do fator de potência, previsão de equipamentos eficientes e divisão equilibrada dos circuitos do local. A utilização de motores de alto rendimento, automação de circuitos, condicionadores de ar com tecnologias novas, com refrigerantes adequados e melhores desempenhos, bem como medidores de energia e qualidade de energia contribuem para o aumento da eficiência (STAROSTA, 2013).

Como forma de incentivo, o governo criou em 1984 o Programa Brasileiro de Etiquetagem, com a finalidade de reduzir o consumo de eletricidade por meio da classificação dos equipamentos quanto sua eficiência energética. Para tanto, foi criada a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), etiqueta colocada nos produtos trazendo informações do

desempenho e eficiência dos mesmos baseados em normas e regulamentações. Em 1985 surgiu o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), para promover e desenvolver projetos relacionados a gestão de energia (PBE, 2014).

O Programa de Eficiência Energética existe desde 1998 e obriga as distribuidoras de energia elétrica a investirem no aumento da eficiência energética na rede de transmissão e distribuição de energia. O selo PROCEL foi instaurado em 1993 em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) com a finalidade de indicar que um equipamento tem altos níveis de eficiência energética (ELETROBRAS, 2020). A ENCE e o selo PROCEL são identificados na Figura 3.

Figura 3 – ENCE e Selo PROCEL para equipamentos.

Energia (Elétrica)		REFRIGERADOR
Fabricante Marca		ABCDEF XYZ(Logo)
Tipo de degelo Modelo /tensão(V)		ABC/Automático IPQR/220
Mais eficiente		A
Menos eficiente		
CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes) <small>(adotado no teste clima tropical)</small>		XY,Z
Volume do compartimento refrigerado (l)		000
Volume do compartimento do congelador (l)		000
Temperatura do congelador (°C)		-18
<small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Assentados - RESR001-RELF Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA		
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR		

(a) ENCE



(b) Selo PROCEL

Fonte: PROCEL, 2022.

Na ENCE, a eficiência energética é classificada em categorias de “A” a “E”, sendo “A” o equipamento com maior eficiência e “E”, o equipamento com menor eficiência. Assim, os consumidores sabem antes de comprar o produto qual o desempenho energético dele, quantos quilowatts-hora ele consome por mês e seu consumo em *stand-by*, para fazer a melhor escolha para a economia e eficiência.

Em 2001, foi instaurada a Lei de Eficiência Energética que limita os níveis mínimos de eficiência dos equipamentos e edificações (MONITOREE, 2018). Em 2003, O PROCEL criou um selo para identificar edificações com ótimas classificações de eficiência energética, chamado PROCEL Edifica. A Etiqueta PBE Edifica traz mais informações além da

classificação geral, como a classificação por categoria avaliada, etapa em que foi feita a avaliação, método de avaliação, consumo por categoria, entre outros, sendo uma ENCE (PBE, 2022).

Essas etiquetas fazem parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), integrado conforme Figura 4, o qual definiu os Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), o Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e os Requisitos de Avaliação de Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC), com o passo a passo para categorizar as edificações (PROCEL, 2014).

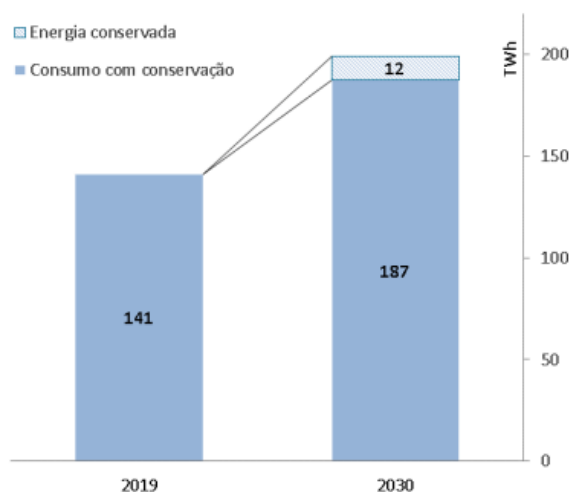
Figura 4 – Logotipo PROCEL Edifica e Programa Brasileiro de Etiquetagem.



Fonte: PBE, 2022.

A projeção feita pelo Plano Decenal de Energia de 2030 estima uma redução de 6% do consumo esperado para esse ano, cerca de 12 TWh, como resultado das políticas de eficiência energética existentes e planejadas para o setor comercial e público. A Figura 5 demonstra essa projeção, considerando os parâmetros de consumo de 2019 (EPE, 2021).

Figura 5 – Consumo de eletricidade e energia conservada no setor de serviços.



Fonte: MME, 2021.

Segundo Frozza (2012) “*os programas de eficiência energética mostraram bons resultados desde sua implantação*”, isso é uma realidade pois entre 1986 e 2009 o PROCEL proporcionou uma economia no consumo de 34,4 bilhões de kWh. Essa economia demonstra o interesse pelos consumidores por aumentar a eficiência energética, uma vez que acarreta redução do custo da fatura.

2.3 MÉTODOS DE ETIQUETAGEM

As edificações com alta eficiência e de energia zero devem possuir o selo PROCEL de identificação de acordo o PBE Edificações e a ENCE designada para esse objetivo, considerando suas informações e categorizações. Para a obtenção da ENCE para edificações públicas é necessário que a instalação esteja em conformidade com a RTQ-C e RAC mais atuais, e sejam avaliadas pelo Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro. Caso a edificação seja existente, pode ser adequada para encaixar-se nos requisitos e adquirir a ENCE de Edificação Construída. Quando a edificação é analisada desde seu projeto, ela obtém a ENCE de projeto.

A avaliação de projetos pode ser feita pelo método prescritivo, baseado em equacionamentos e tabelas, ou pelo método de simulação termo energética, onde é comparado o projeto da edificação real com o simulado por cálculos. A RTQ-C em vigor analisa os sistemas de envoltória, iluminação, condicionamento de ar e permite considerar bonificações.

A envoltória considera a localização geográfica, os materiais que compõem a edificação e suas propriedades, como transmitância, absorvância, cores, uso de ventilação natural, irradiação e sombreamento. O sistema de iluminação engloba as instalações elétricas, a iluminação natural, a densidade de potência instalada e a automação das lâmpadas. O sistema de condicionamento de ar analisa o conforto térmico do ambiente e os equipamentos utilizados. Por fim, as bonificações tratam de demais sistemas que aumentem a eficiência energética do edifício como reuso de água e painéis solares (PBE,2014).

A classificação nível A é atingida com 5 pontos, enquanto a classificação nível E, com 1 ponto. A pontuação é dada através dos pesos relacionados aos sistemas analisados: a envoltória e o sistema de iluminação possuem cada um peso 0,3; enquanto o sistema de condicionamento de ar possui peso 0,4 (PBE, 2014).

É possível adquirir a ENCE geral ou a parcial. A envoltória é a base para as classificações parciais: a) parcial da envoltória e sistema de iluminação – quando a envoltória

e o sistema de iluminação atendem às necessidades; b) parcial da envoltória e do sistema de condicionamento de ar – quando esses estão de acordo com a regulamentação.

Quando se deseja classificar um edifício existente, o método usado é o prescritivo. Para a melhora de sua classificação é necessário um *retrofit*, que é a troca de equipamentos e materiais ineficientes por outros mais modernos e eficientes, mantendo-se a funcionalidade da edificação. Um exemplo da categorização de uma edificação pública é o prédio do laboratório de engenharia mecânica da Universidade Federal do Pará, em Belém.

Ferreira *et al* (2016) iniciou sua análise identificando a zona bioclimática da instalação, baseada na sua localização geográfica, bem como sua finalidade. Através da visita e plantas baixas, as características principais da edificação foram definidas como cores e áreas de fachadas, janelas, portas e coberturas. Em seguida, as fachadas e coberturas, que compõem a envoltória foram analisadas segundo a zona bioclimática, determinando a transmitância térmica, absorvância e capacidade térmica baseadas em tabelas.

A potência de iluminação instalada foi definida e a densidade de potência de iluminação total foi calculada para definição da potência limite das atividades desenvolvidas no edifício. O sistema de condicionamento de ar foi avaliado a partir da etiquetagem dos equipamentos. Por fim, a pontuação total do edifício foi encontrada a partir de uma equação considerando todos os requisitos avaliados. Os limites das categorias foram calculados e a categorização foi realizada.

O sistema de envoltória resultou em uma categoria nível C, considerando os pré-requisitos exigidos para sua zona bioclimática. O sistema de iluminação com os pré-requisitos foi categorizado no nível B. A partir da média das eficiências dos equipamentos de condicionamento de ar, sua categorização foi nível C. Por fim, desconsiderando qualquer bonificação, e considerando os pesos que cada sistema possui, o edifício recebeu a categoria C da ENCE Edificação construída.

O autor ainda sugeriu melhorias como pintura das paredes para tons mais claros, mudança das telhas de fibrocimento por telhas de cerâmica, *retrofit* dos vidros da fachada, automação do sistema de iluminação e troca dos equipamentos de condicionadores de ar por modelos mais eficientes – as ações sugeridas levariam a categoria nível B.

Uma proposta semelhante foi realizada no bloco M3 da Universidade Federal de Itajubá, em Minas Gerais. Nesse trabalho, Alliprandini (2018) utilizou-se do método prescritivo para categorizar a edificação em estudo e analisar a possibilidade de transformá-la em uma Edificação de Energia Zero (EEZ) ou Edificação de Energia Quase Zero (EEQZ) a partir de adequações e um sistema fotovoltaico existente. As EEZ ou EEQZ são aquelas que mantêm o

seu balanço energético anual nulo ou bem próximo disso, ou seja, utilizando a rede da concessionária, geram toda, ou quase toda a energia consumida – fornecem o excedente à rede para ser utilizado em outro horário ou período e, com isso, reduzem a emissão de gases poluentes.

A autora iniciou o método disposto no RTQ-C para categorização do edifício quanto a sua localização, estrutura e envoltória. Através de cálculos foi definido o consumo de energia elétrica anual a partir das cargas existentes, a carga térmica interna, externa e total, a transmitância, absorptância e iluminação zenital da instalação, para a classificação de sua envoltória. Foi verificada a influência da ventilação e iluminação natural para o conforto térmico do bloco juntamente com o restante dos equipamentos de condicionamento de ar. O sistema de iluminação também foi analisado e melhorias foram sugeridas para que a edificação fosse encaixada na categoria A da ENCE Edificações.

A partir das análises e equacionamentos, a envoltória possuía uma classificação nível C considerando os requisitos da RTQ-C. A análise considerou o impacto que as mudanças e *retrofits* sugeridas causaria na categoria da ENCE, concluindo que apenas com estas e a adição de um sistema fotovoltaico a edificação se tornaria nível A, sendo considerada uma EEZ. O trabalho também trouxe todo o dimensionamento do sistema fotovoltaico a ser instalado no edifício para que essa instalação zerasse seu balanço energético.

Contudo, esse método de etiquetagem não permite o cálculo real da economia gerada pelas adequações em prol da eficiência energética. Dessa forma, o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) propôs uma melhoria no RTQ-C, analisando o consumo de energia primária, energia bruta que ainda não passou por processo de transformação, para avaliar o desempenho energético. Com esse novo método, aprovado em 2021, também foram acrescentadas novas informações para as edificações nas ENCEs como emissão de gás carbônico, economia de água e consumo anual de energia primária por sistema analisado (GOV, 2021).

No novo método as categorias analisadas são: envoltória, sistema de iluminação, sistema de condicionamento de ar e sistema de aquecimento de água. O novo RTQ-C também traz os requisitos para classificação de uma edificação como EEQZ e Edificações de Energia Positiva (EEP), classificação das zonas bioclimáticas em 24, ao invés de 8 como era no antigo, e pontuação e categorização geral baseadas na porcentagem de redução do consumo de energia primária, comparando o edifício real com ele mesmo em uma condição de referência.

Segundo esse documento, as EEQZs precisam possuir no mínimo 50% da sua demanda energética anual oriundas de fontes renováveis geradas na edificação ou no mesmo lote. As


EEPs são, por sua vez, edificações nas quais sua produção própria advinda de fontes renováveis é superior a sua demanda anual, ou seja, possuem balanço energético positivo e conquistam categoria nível A+. A ENCE Edificações de 2014, Figura 6, pode ser visualizada e comparada com a nova de 2021 nas Figuras 7 e 8. Pode se observar uma evolução na simplicidade das informações, bem como a adição de novas informações inseridas em suas páginas adicionais.

Figura 6 – ENCE Edificações 2014.



Fonte: PBE, 2021.

Figura 7 – ENCE Edificações 2021 primeira página.



INMETRO
PBE Edifica

Eficiência Energética

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Edificação: XXXXX xxxxxx
 Identificação da unidade: Xxxxx
 Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
 Cidade/UF: XXXXXXX/XX
 Portaria RTQ-C: XXXXX
 Portaria RAC: XXXXX
 Método de avaliação: SIMPLIFICADO
 Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX

ENCE PROJETO

ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

[O nível de eficiência energética alcançado deve ser confirmado pela ENCE DA EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA]

Mais eficiente

A

B

C

D


E

A


± XX% em relação ao D

Consumo Anual de Gás: xx,xx m³/ano
 Consumo Anual de Energia Elétrica: xxx.xx,xx kWh/ano
 Consumo de Energia Primária Edificação: xx,xx kWh/m²


CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO



Edificação completa
(sem a geração)



A




Geração de energia renovável

Geração: **XX%**

Energia gerada: xx.xxx kWh/ano


Informativo



Uso racional de água

Economia: **XX%**

Equipamentos economizadores: XX%
Aproveitamento da água da chuva: XX%




Emissões de CO₂

Emissões CO₂: **±XX%**


redução/aumento em relação à condição de referência (D):
xx.xxx,xx t CO₂/ano

Observações:

1 - A etiqueta de projeto tem validade de 5 anos ou até ser emitida a etiqueta da edificação construída.
 2 - Para verificar a validade da etiqueta, consulte a página eletrônica do INMETRO: www.inmetro.com.br.




PROCEL



PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

LOGOTIPO DO OIA

N.º REGISTRO DO OIA



1/3

Fonte: PBE, 2021.

Figura 8 – ENCE Edificações 2021 páginas adicionais.

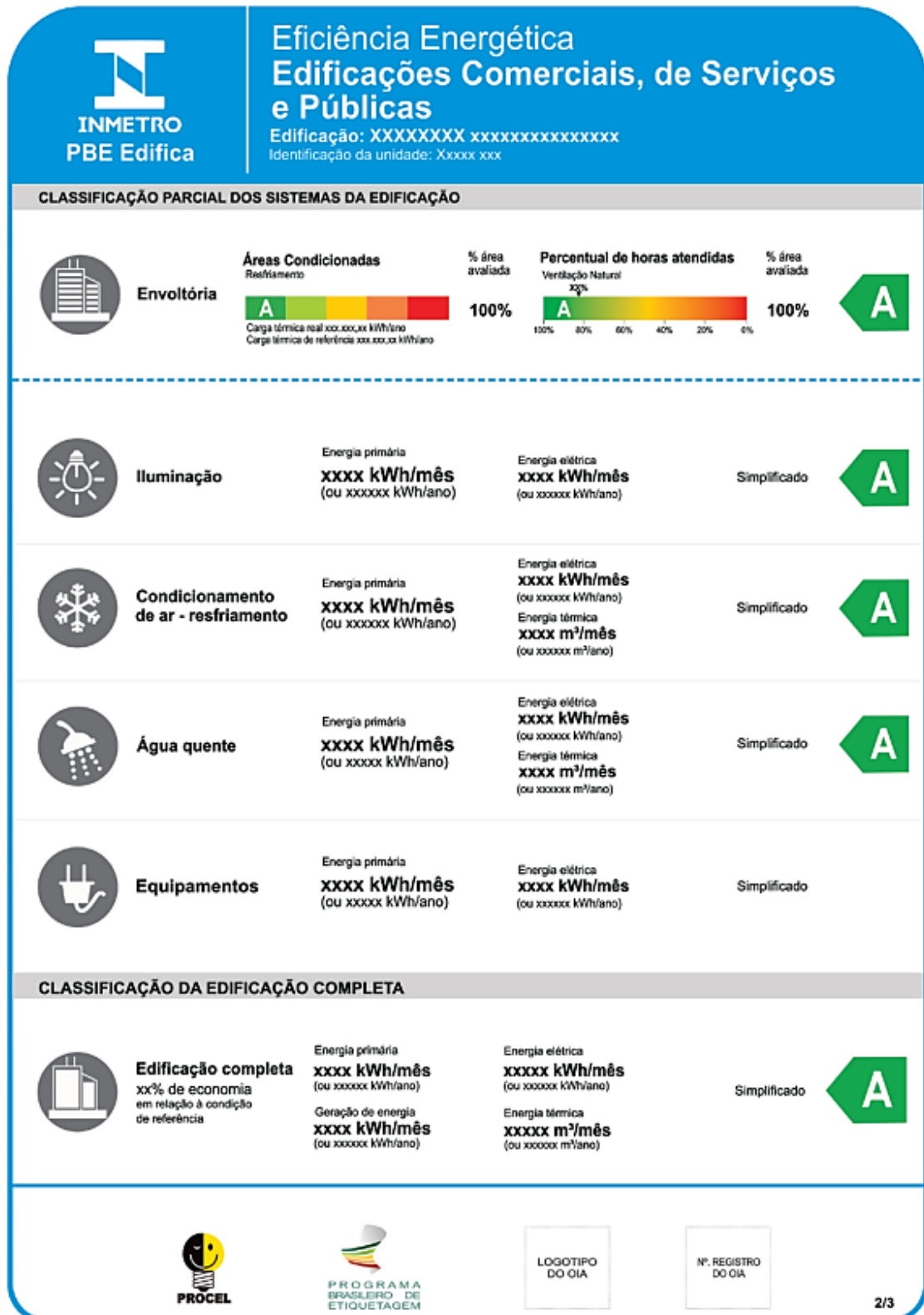











Figura 8 – ENCE Edificações 2021 páginas adicionais (continuação).

 Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas Edificação: XXXXXXXX xxxxxxxxxxxxxxxx Identificação da unidade: xxxxx xxx			
CONDIÇÃO DE AVALIAÇÃO ENVOLTÓRIA			
 <p>- Explicação da carga térmica. - Explicação do percentual de horas de conforto térmico (POCI). - Explicação do percentual de horas de conforto lumínico (POCI).</p> <p>Condição real - Propriedades térmicas dos materiais construtivos de acordo com o projeto. - Densidade de potência em iluminação conforme projeto.</p>	<p>Condição de referência - Propriedades térmicas dos materiais construtivos de acordo com os valores da tabela X (condições de referência) do RTQ-C. - Densidade de potência em iluminação conforme tabela X (condições de referência para xxxxx tipologia) do RTQ-C.</p> <p>Em ambos modelos - Geometria (dimensões, orientação solar) e percentual de abertura na fachada conforme condição real do projeto. - Densidade de ocupação e densidade de equipamentos conforme tabela X (condição de referência) do RTQ-C.</p>		
ILUMINAÇÃO			
 <p>Condição real - Densidade de potência de iluminação conforme projeto. - Densidade de potência em iluminação em uso (quando aplicável), conforme projeto.</p>	<p>Condição de referência - Densidade de potência em iluminação conforme tabela X (condições de referência) do RTQ-C.</p>		
CONDICIONAMENTO DE AR			
 <p>Condição real - Coeficiente de desempenho (COP) de resfriamento e de aquecimento conforme projeto. - Carga térmica determinada conforme resultados da aplicação do método relativo a envoltória para o projeto edificação.</p>	<p>Condição de referência - Coeficiente de desempenho (COP) de resfriamento e de aquecimento conforme tabela X (condições de referência) para xxxxx tipologia). - Carga térmica determinada conforme resultados da aplicação do método da relativo a envoltória para condições de referência.</p> <p>Em ambos modelos - Tipo e capacidade do sistema de ar-condicionado de acordo com o projeto do modelo real. - Temperatura de setpoint para resfriamento: 24°C. - Temperatura de setpoint para aquecimento: 20°C.</p>		
ÁGUA QUENTE			
 <p>- Tipo e capacidade do sistema de aquecimento de água de acordo com projeto do modelo real.</p>	<p>- Temperatura de uso de água quente conforme tabela A (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.</p>		
GERAÇÃO			
 <p>- Tipo de energia renovável utilizada: ex. fotovoltaica. - Características e quantidade de painéis fotovoltaicos instalados na cobertura, segundo projeto do sistema fotovoltaico.</p>	<p>- Estimativa da geração local de energia segundo laudo técnico do projetista.</p>		
USO RACIONAL DA ÁGUA			
 <p>Condição real - Vazão de dispositivos considerando eventuais equipamentos economizadores conforme projeto. - Estimativa da oferta de água pluvial conforme laudo técnico do projetista.</p>	<p>Condição de referência - Vazão de dispositivos conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C. - Vazão de dispositivos conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.</p> <p>Em ambos modelos - Número de dispositivos conforme projeto da edificação real. - Padrão de uso de dispositivos de acordo com a tabela X e Y (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C. - Densidade de ocupação conforme tabela X (condições de referência para tipologia xxx) do RTQ-C.</p>		
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60px; text-align: center;">LOGÓTIPO DO OIA</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60px; text-align: center;">Nº. REGISTRO DO OIA</div>
3/3			

Fonte: PBE, 2021.

2.4 SÍNTESE REFERENCIAL

A partir dos conceitos discutidos e exemplos de implementação será considerada a metodologia utilizada no processo de categorização da etiqueta de edificação eficiente considerando os dois métodos (ENCE 2014 e 2021). Os projetos arquitetônicos, elétricos, hidrossanitários, de climatização e de sistema fotovoltaico do bloco da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados foram solicitados e serão analisados.

As variáveis relativas à envoltória, ao sistema de iluminação, ao sistema de condicionamento de ar serão determinadas e utilizadas para a categorização individual e geral da edificação pública seguindo o RTQ-C de 2014, considerando os pesos de cada sistema. Similarmente, seguir-se-á os critérios RTQ-C de 2021, a bonificação do sistema fotovoltaico e sua classificação quanto a autonomia energética, a emissão de dióxido de carbono e a redução da porcentagem de energia primária. Por fim, será feita uma comparação entre os métodos de etiquetagem, ENCE 2014 e 2021, e uma discussão quanto ao projeto, materiais e equipamentos empregados na edificação.

3 METODOLOGIA

A partir dos projetos obtidos através da Prefeitura Universitária da UFGD, detalhados nos Anexos de A a C, foi possível classificar o Bloco da FAEN seguindo os métodos descritos nos RTQ-Cs de 2014 e de 2021.

3.1 RTQ-C 2014

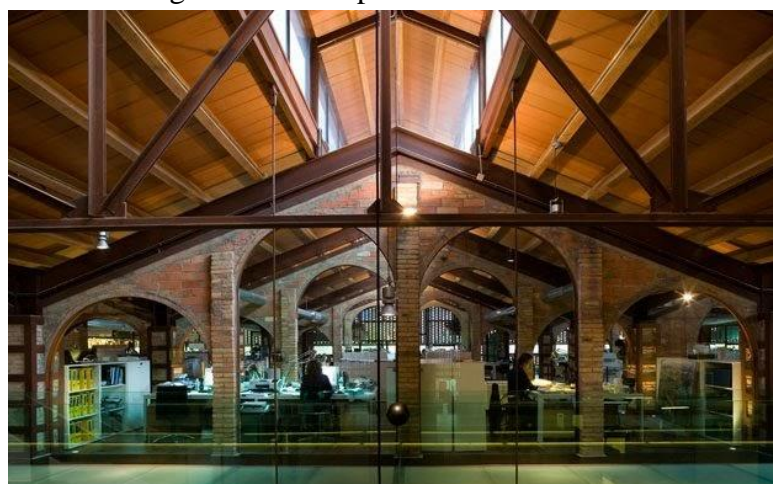
A RTQ-C de 2014 não traz somente os equacionamentos necessários para a classificação de edificações comerciais, de serviço e públicos, mas também as definições para compreensão de cada variável considerada. A categoria geral é dada a partir da categorização parcial de cada sistema: envoltória, iluminação e condicionamento de ar.

3.1.1 Classificação da envoltória

Na envoltória, as principais variáveis são a transmitância térmica, a absorptância das superfícies, a iluminação zenital, os fatores de altura e de forma, fator solar, o percentual de abertura na fachada e os ângulos de sombreamento. A transmitância térmica pode ser definida como a taxa de transferência de calor que é capaz de atravessar uma matéria, como através de paredes, coberturas e piso. Quanto maior seu valor, maior a condução de calor por essa matéria.

A absorptância é a relação entre a quantidade de radiação solar absorvida por uma matéria e quantidade de radiação solar total incidente sobre ela, quanto maior essa relação, maior a condução de calor que a matéria absorve a partir da radiação solar. As aberturas zenitais são aquelas provenientes do teto, podendo ser claraboias ou coberturas de vidro, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Exemplo de abertura zenital.



Fonte: VOBI, 2021.

O fator de altura e de forma são considerados pelo RTQ-C como índices que caracterizam a edificação avaliada, sendo o primeiro a representação da quantidade de pavimentos ou andares e o segundo, as proporções do edifício. O fator solar é definido a partir da relação entre a quantidade de calor que adentra o ambiente por meio de uma abertura e a radiação solar que incide através dessa abertura, quanto maior o seu valor, mais calor o ambiente recebe através dessa abertura. O percentual de abertura na fachada e os ângulos de sombreamento vertical e horizontal servem para quantificar a incidência solar no ambiente a partir das aberturas, pois essas e todas as variáveis analisadas na envoltória influenciam o conforto térmico dos ambientes do edifício.

Essa RTQ-C divide o Brasil em 8 zonas bioclimáticas, pois é um país extenso e suas regiões possuem condições climáticas distintas, logo suas construções possuem particularidades para garantia de conforto térmico segundo a NBR 15220, como um isolamento maior para regiões de climas muito frio ou muito quente e menor para regiões de climas mais amenos. A partir da zona na qual a edificação se encontra, o documento limita a transmitância térmica das coberturas e das paredes para receberem nível “A”, baseadas nas normas a fim de fornecer conforto térmico às pessoas que ocupam a instalação. As transmitâncias térmicas máximas de cobertura e paredes externas são detalhadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Transmitância térmica máxima de cobertura para diferentes níveis de eficiência.

Zonas Bioclimáticas	U _{COB} A (W/m ² K)		U _{COB} B (W/m ² K)		U _{COB} C e D (W/m ² K)	
	Ambientes Condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes Condicionados	Ambientes não condicionados	Ambientes Condicionados	Ambientes não condicionados
ZB 1 e 2	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	
ZB 3 a 8	1,0	2,0	1,5	2,0		

Fonte: PROCEL, 2014.

Tabela 2 – Transmitância térmica máxima de paredes externas para diferentes níveis de eficiência.

Zonas Bioclimáticas	U _{PAR} A (W/m ² K)	U _{PAR} B (W/m ² K)	U _{PAR} C e D (W/m ² K)
ZB 1 e 2	1,0	2,0	3,7
ZB 3 a 6	3,7		
ZB 7 e 8	2,5 W/m ² K, para C _T < 80 kJ/m ² K		
	3,7 W/m ² K, para C _T > 80 kJ/m ² K		

Fonte: PROCEL, 2014.

A absorvância depende dos materiais e cores que compõem o revestimento da cobertura e fachadas, cores mais claras refletem a incidência solar enquanto cores mais escuras, absorvem. Essa variável possui valor já estabelecido e disponibilizado pelos fabricantes ou pela literatura. Para obter a classificação máxima, a absorvância máxima para coberturas e paredes externas deve ser de 0,5. A transmitância e a absorvância térmicas consideradas e encaixadas dentro dos parâmetros das Tabelas 1 e 2 são a média ponderada das transmitâncias e absorvâncias de toda a envoltória.

A iluminação zenital é aquela que adentra a partir de aberturas com até 60° em relação ao plano horizontal e faz parte da análise da envoltória, pois permite, além da entrada da iluminação, o aumento da carga térmica pela radiação solar. Por isso, a porcentagem de abertura zenital é relacionada à um fator solar estabelecido conforme a Tabela 3

Tabela 3 – Limites de fator solar de vidros (FS) e de percentual de abertura zenital para coberturas (PAZ).

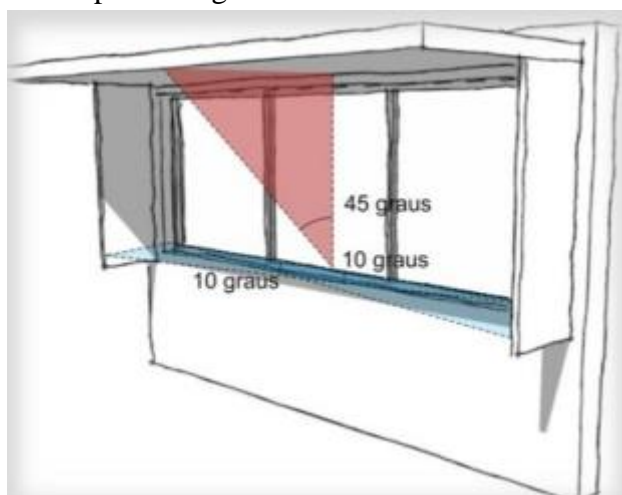
PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: PROCEL, 2014.

Os fatores de altura e de forma servem para calcular o índice de consumo da envoltória, sendo o primeiro a relação entre a área coberta e a área total construída e o segundo, a relação entre a área da envoltória e o volume total do edifício.

O percentual de abertura na fachada é uma média das porcentagens de abertura de toda a fachada, já os ângulos de sombreamento, ângulo horizontal de sombreamento e ângulo vertical de sombreamento, relacionam os ângulos de sombreamento com as áreas das aberturas. O percentual de abertura e os ângulos de sombreamento são importantes para aumentar a precisão do cálculo térmico da edificação, uma vez que as aberturas permitem a irradiação solar. Para fins de cálculo, não devem ultrapassar 45°. Um exemplo dos ângulos de sombreamento horizontal e vertical pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Exemplo de ângulo de sombreamento vertical e horizontal.



Fonte: PBE, 2014.

Após a determinação das variáveis apresentadas é possível calcular o indicador de consumo da envoltória (IC_{env}) com os dados do projeto, sendo esse o parâmetro usado para avaliação da envoltória. As equações utilizadas para calcular esse valor dependem da zona bioclimática e área de projeção da edificação, sendo esta dividida em edificações com área de projeção menor ou maior que 500 m². Como a edificação em estudo encontra-se na zona bioclimática 3, as Equações possíveis para esse indicador são a 1, para área menor que 500 m² e fator de forma máximo de 0,7, e a Equação 2, para área maior que 500 m² e fator de forma mínimo de 0,15.

$$IC_{env} = -175,30 * FA - 212,79 * FF + 21,86 * PAF_T + 5,59 * FS - 0,19 * AVS + 0,15 * AHS + 275,19 * \frac{FA}{FF} + 213,35 * FA * FF - 0,04 * PAF_T - FS * AVS - 0,45 * PAF_T * AHS + 190,42 \quad (1)$$

$$IC_{env} = -14,14 * FA - 113,94 * FF + 50,82 * PAF_T + 4,86 * FS - 0,32 * AVS + 0,26 * AHS - * \frac{35,75}{FF} - 0,54 * PAF_T * AHS + 277,98 \quad (2)$$

Onde:

- IC_{env}: Indicador de consumo da envoltória;
- FA: Fator de altura;
- FF: Fator de forma;
- PAF_T: Percentual de área de abertura na fachada total (%);
- FS: Fator solar;
- AVS: Ângulo vertical de sombreamento (°);
- AHS: Ângulo horizontal de sombreamento (°).

Em seguida, o indicador de consumo da envoltória é novamente calculado com parâmetros pré-definidos para categorizar a envoltória em um nível de eficiência energética D e com um nível de consumo mínimo, para delimitar as categorias de avaliação. Os parâmetros para o cálculo dos valores máximos e mínimos para a classificação D do indicador são demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Percentual de área de abertura na fachada total (PAF_T), fator solar (FS), ângulo vertical de sombreamento (AVS) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS) do indicador de consumo máximo para nível D e indicador de consumo mínimo.

Parâmetro	Indicador de Consumo Máximo para				Indicador de Consumo Mínimo			
	Nível D							
	PAF _T	FS	AVS	AHS	PAF _T	FS	AVS	AHS
Valor	0,6	0,61	0	0	0,05	0,87	0	0

Fonte: Adaptado de PROCEL 2014.

Com os parâmetros apresentados na Tabela 4 e a Equação 3, é possível definir o coeficiente de intervalo entre as classes de eficiência, usado para delimitar os intervalos dos níveis de eficiência energética da envoltória do edifício e classificá-la. A Tabela 5 detalha os

limites citados e a classificação é dada a partir do valor do indicador de consumo da envoltória calculado com os dados do projeto.

$$i = \frac{IC_{máxD} - IC_{mín}}{4} \quad (3)$$

Onde:

- i: Coeficiente de intervalo entre as classes;
- $IC_{máxD}$: Indicador de consumo máximo para o nível D;
- $IC_{mín}$: Indicador de consumo mínimo.

Tabela 5 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Limite Máximo	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: PROCEL, 2014.

Definido os limites dos intervalos dos níveis de eficiência para a envoltória, segue-se a metodologia de classificação do sistema de iluminação.

3.1.2 Classificação do sistema de iluminação

Para o cálculo da classificação geral deve ser avaliado o sistema de iluminação, que leva em conta o consumo de eletricidade, e a carga térmica gerada durante seu funcionamento. No sistema de iluminação, as variáveis consideradas são a divisão dos circuitos, contribuição da luz natural, o desligamento automático do sistema de iluminação e a densidade de potência instalada. É importante salientar que a redução de consumo do sistema de iluminação para diminuição do gasto de eletricidade possui um limite, uma vez que é preciso atender as normas de iluminação mínima para as atividades realizadas no bloco, conforme definido na norma NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013: Iluminação interna de ambiente de trabalho.

Na divisão de circuitos é preciso que cada ambiente tenha ao menos um dispositivo de controle manual independente que acenda as luzes internas do ambiente. Para ambientes com área menor que 250 m², apenas um dispositivo de controle é necessário. Para ambientes com área a partir de 250 m², é necessário um dispositivo de controle separado por áreas de até

250 m². Para ambientes com áreas maiores que 1000 m², o sistema precisa ser setorizado com áreas de até 1000 m² cada.

A contribuição da luz natural deve ser considerada pois reduz a utilização da iluminação artificial. A RTQ-C considera que as luminárias localizadas próximas as janelas precisam ter um acionamento separado do restante do ambiente, aproveitando ao máximo a luz natural, quando essa for suficiente para o desenvolvimento das atividades no ambiente.

O item de desligamento automático do sistema de iluminação caracteriza que, para ambientes com área maior que 250 m², é preciso possuir dispositivo de controle automático para desligar o sistema de iluminação: programado com um horário pré-definido, a partir de um sensor de presença com desligamento após 30 minutos sem ocupantes, ou através de um sinal de outro sistema de presença. Esse parâmetro é importante para garantir que a energia não seja gasta desnecessariamente quando não há ocupantes nos ambientes.

Com esses parâmetros definidos, a determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação pode ser feita de duas formas: método da área do edifício ou método das atividades do edifício. Para edificações com no máximo 3 atividades principais ou com atividades que englobem mais de 30% de sua área, é usado o primeiro método, caso contrário, é usado o segundo método. No método da área de edifício, os limites de densidade de potência do sistema de iluminação são determinados pelo tipo de edificação conforme a Tabela 6.

Para ambos os casos, primeiro é definido a atividade principal realizada na edificação, em seguida é calculada a área iluminada do edifício e, então, multiplica-se esse valor pela densidade de potência instalada limite mostrada na Tabela 6 para, por fim, se obter a potência limite da construção.

Tabela 6 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido.

Função da Edificação	Densidade de	Densidade de	Densidade de	Densidade de
	Potência de Iluminação Limite	Potência de Iluminação Limite	Potência de Iluminação Limite	Potência de Iluminação Limite
	W/m ² (Nível A)	W/m ² (Nível B)	W/m ² (Nível C)	W/m ² (Nível D)
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7

Fonte: Adaptada de PROCEL 2014.

A densidade de potência instalada limite deve ser calculada para cada atividade utilizando a área iluminada para cada atividade. A potência limite do edifício será a somatória das potências limites de cada atividade.

A eficiência do sistema de iluminação é classificada comparando a potência total instalada da edificação com o valor resultante do somatório. Se algum dos ambientes do edifício não atender aos demais parâmetros de avaliação do sistema, a classificação deve ser ponderada considerando a potência instalada dos ambientes irregulares. Em resumo, para o método da área se compara e classifica o edifício como um todo, enquanto o método das atividades, analisa-se cada ambiente separadamente.

Definidas as metodologias de classificação da envoltória e da iluminação, o último sistema a ser considerado para a classificação geral é o de condicionamento de ar, conforme poderá ser observado no item a seguir.

3.1.3 Classificação do sistema de condicionamento de ar

A classificação do sistema de condicionamento de ar é feita considerando as definições prévias das ENCEs dos equipamentos, a avaliação do isolamento térmico das tubulações e do condicionamento de ar por aquecimento artificial.

O isolamento térmico das tubulações é definido conforme a temperatura do fluido, a condutividade térmica do material do tubo e o diâmetro nominal da tubulação para refrigeração e aquecimento, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de resfriamento para nível A.

Faixa de Temperatura do Fluido (°C)	Condutividade de Isolamento		Diâmetro Nominal da Tubulação (mm)				
	Condutividade Térmica (W/mK)	Temperatura de Ensaio (°C)	<25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥200
REFRIGERAÇÃO							
4 < T < 16	0,032 a 0,04	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,04	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4

Fonte: Adaptada de PROCEL, 2014.

O condicionamento de ar por aquecimento artificial equivale a classificação “A” desde que as bombas de calor e sistemas unitários de condicionamento de ar com ciclo reverso possuam um COP mínimo de 3 W/W. A eficiência do sistema de condicionamento de ar é definida pelo resultado da multiplicação do equivalente numérico da eficiência de cada

equipamento pela divisão entre a potência de cada equipamento e a soma das potências de todas as unidades.

O equivalente numérico de ventilação é um número representativo que considera o nível de conforto térmico dos ambientes não condicionados, sendo 1 nos casos que esses ambientes não são considerados confortáveis termicamente e 5, para casos em que o conforto térmico é atingido sem uso de condicionamento de ar artificial. Para determinar se um ambiente é confortável termicamente utilizou-se da NBR ISO 7730/2005.

Para aumentar a classificação geral é possível, ainda, utiliza-se pontos através das bonificações, que adicionam valores entre 0 e 1 na pontuação geral.

3.1.4 Bonificações

As bonificações estão relacionadas à geração de energia por painéis solares, aquecimento de água por energia térmica solar, reutilização de água da chuva ou água da instalação, cogeração, entre outros. Os painéis solares, para proporcionar bonificação, devem levar a uma economia de consumo de energia elétrica anual da concessionária de no mínimo 10%. Considerando que o bloco não se encontra em funcionamento, é preciso estimar o consumo de eletricidade anual: estima-se as horas anuais de funcionamento dos equipamentos multiplicando-as pelas cargas.

A classificação geral da edificação é obtida após a avaliação da envoltória, iluminação, condicionamento de ar e das bonificações, como pode ser observado no item 3.1.5.

3.1.5 Classificação geral

Por fim, a pontuação geral é calculada pela Equação 4, com a avaliação da envoltória e sistema de iluminação possuindo peso de 30% cada e o sistema e condicionamento de ar com peso 40%, a edificação é classificada seguindo a Tabela 8 com o valor resultante (PROCEL, 2014).

$$PT = 0,3 * \left\{ \left(EqNumEnv * \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV \right) \right\} + 0,3(EqNumDPI) + 0,4 * \left\{ \left(EqNumAC * \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} * 5 + \frac{ANC}{AU} * EqNumV \right) \right\} + b_0^1 \quad (4)$$

Onde:

PT:	Pontuação total;
EqNumEnv:	Número representativo da eficiência da envoltória;
AC:	Área condicionada (m ²);
AU:	Área útil (m ²);
APT:	Área de permanência transitória (m ²);
ANC:	Área não condicionada (m ²);
EqNumDPI:	Número representativo da eficiência do sistema de iluminação;
EqNumAC:	Número representativo da eficiência do sistema de condicionamento de ar
EqNumV:	Número representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente;
b:	Bonificações.

Tabela 8 – Pontuação para classificação geral da ENCE Edificação 2014.

Classificação Final	Pontuação
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: PROCEL, 2014.

A RTQ-C de 2014 possui um equivalente numérico adimensional para cada nível de eficiência compreendidos entre 1 e 5, como visto na Tabela 8. Contudo, desde 2016, o LABEEE em parceria com a PROCEL e a Eletrobras trabalham em um novo método para refinar essa avaliação e conseguir classificar as edificações de acordo com o consumo energético real da edificação, podendo determinar a economia gerada através das melhorias.

Alguns países mais avançados em pesquisas sobre edificações eficientes já possuem métodos que avaliam a eficiência a partir do consumo de eletricidade anual por unidade de área, considerando a energia final ou a energia primária. O RTQ-C de 2021, por sua vez, seguindo o exemplo, passou a utilizar o cálculo a energia primária da edificação (LABEE, 2016).

3.2 RTQ-C 2021

A RTQ-C de 2021 foi aprovada pelo Governo Federal em Fevereiro de 2021 e avalia a envoltória, o sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação e sistema de

aquecimento de água, além das bonificações. A classificação é feita a partir do consumo de energia primária e pode ser feita pelo método simplificado, pelo método de simulação, ou uma combinação dos dois. A energia primária é definida nesse documento como a energia que ainda não passou por processo de transformação.

As classificações parcial e geral estão associadas ao percentual de redução de consumo estimado de energia primária, através da comparação do real do sistema ou do edifício com seu correspondente de classificação nível D. Diferente do RTQ-C 2014, nesse novo documento, o Brasil é dividido em 24 zonas climáticas, chamados grupos climáticos, estando o objeto desse estudo localizado no grupo climático 14.

A divisão em maior quantidade de grupos climáticos do que no RTQ-C de 2014 traz um refino maior na categorização, considerando a temperatura média anual, desvio padrão da média mensal das temperaturas médias diárias, amplitude média anual, desvio padrão da amplitude média mensal e altitude, e definindo valores de referência para os cálculos de todas as classificações parciais.

As condições de referência são definidas de acordo com a finalidade da edificação, como apresentado no Quadro 1 para edificações educacionais.

Quadro 1 – Valores de referência para cálculo de energia primária e classificação de eficiência para edificações educacionais.

Uso Típico	Edificações Educacionais	
	Condição Real	Condição de Referência
		Ensino Superior
Geometria		
Área (m ²)	Condição Real	
Orientação Solar	Condição Real	
Pé Direito (m ²)	Condição Real	
Aberturas		
Percentual de área de abertura na fachada (%)	Condição Real	40
Componentes Construtivos		
Transmitância térmica da parede (W/m ² K)	Condição Real	2,39
Absortância solar da parede	Condição Real	0,5
Capacidade térmica da parede (kJ/m ² K)	Condição Real	150
Cobertura	Condição Real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (> 5cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Transmitância térmica da cobertura (W/m ² K)	Condição Real	2,06
Absortância solar da cobertura	Condição Real	0,8

Quadro 1 – Valores de referência para cálculo de energia primária e classificação de eficiência para edificações educacionais (continuação).

Uso Típico	Edificações Educacionais	
	Condição Real	Condição de Referência
		Ensino Superior
Aberturas		
Capacidade térmica da cobertura (kJ/m ² K)	Condição Real	233
Vidro	Condição Real	Vidro simples incolor 6 mm
Fator Solar do Vidro	Condição Real	0,82
Transmitância térmica do vidro (W/m ² K)	Condição Real	5,7
Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição Real	0
Ângulo vertical de Sombreamento (°)	Condição Real	0
Ângulo de obstrução vizinha (°)	Condição Real	
Iluminação e Ganhos		
Densidade de potência de iluminação (W/m ²)	Condição Real	15,5
Ocupação (m ² /pessoa)	Condição de Referência	1,5
Densidade de potência dos equipamentos (W/m ²)	Condição de Referência	15
Horas de Ocupação (horas)	8	
Dias de Ocupação (Nano)	200	
Situação do Piso	Condição Real	
Situação da Cobertura	Condição Real	
Isolamento do Piso	Condição Real	Sem Isolamento
Condicionamento de Ar (Refrigeração)		
Coefficiente de performance (W/W)	Condição Real	2,6
Temperatura de Setpoint (°C)	24	

Fonte: Adaptado de PROCEL, 2020.

A primeira classificação a ser realizada é a envoltória, conforme metodologia apresentada no item 3.2.1.

3.2.1 Classificação da envoltória

Para a classificação da eficiência energética da envoltória, é preciso o coeficiente de redução de carga térmica total anual entre os níveis “D” e “A”. Retirados da Tabela 9, o coeficiente de redução de carga térmica, dependente do grupo climático, tipo de edificação e fator de forma cuja definição é igual ao apresentado no RTQ-C de 2014. O coeficiente citado é

usado para definir a variável “i” utilizando a Equação 5 – delimita-se os níveis de eficiência energética parcial preenchendo a Tabela 10.

Tabela 9 – Edificações educacionais: coeficiente de redução de carga térmica anual da classificação D para A ($CRCgTT_{D-A}$), com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente.

Grupo Climático	Coeficiente de Redução de Consumo de Energia Primária da classificação D para A				
	FF ≤ 0,2	0,2 < FF ≤ 0,3	0,3 < FF ≤ 0,4	0,4 < FF ≤ 0,5	FF > 0,5
GC 14	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14

Fonte: Adaptada de PROCEL, 2020.

$$i = \frac{CgTT_{ref} * CRCgTT_{D-A}}{3} \quad (5)$$

Onde:

i: Coeficiente de intervalo entre as classes;

$CgTT_{ref}$: Carga térmica total da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

$CRCgTT_{D-A}$: Coeficiente de redução de carga térmica anual da classificação D para A.

Tabela 10 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação da envoltória pelo método de 2021.

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Máximo	-	$> CgTT_{ef} - 3i$	$> CgTT_{ef} - 2i$	$> CgTT_{ef} - i$	$> CgTT_{ef}$
Limite Mínimo	$\leq CgTT_{ref} - 3i$	$\leq CgTT_{ref} - 2i$	$\leq CgTT_{ref} - i$	$\leq CgTT_{ref}$	-

Fonte: PROCEL, 2020.

Para determinar a carga térmica de referência é usado um metamodelo de análise que avalia a edificação de acordo com os dados do projeto e da referência do Quadro 1. O ângulo de obstrução vizinha é o ângulo de sombreamento que outra edificação possa ocasionar sobre a edificação de estudo. A densidade de potência de iluminação é a quantidade de potência das lâmpadas por metro quadrado, enquanto a densidade de potência dos equipamentos é a potência por metro quadrado. Essas variáveis, juntamente com as citadas no item 3.1, influenciam no conforto térmico do ambiente, a primeira por permitir a incidência solar sobre a edificação, e os últimos, por emitirem energia térmica.

Para determinar a carga térmica de climatização real é usado o mesmo metamodelo, todavia, somente com os dados do projeto. Para descobrir a fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação, é usada uma interface que utiliza os dados do projeto e o grupo climático. A carga térmica total anual da edificação real é calculada pela Equação 6 – esse valor é utilizado para determinar o percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória através da Equação 7. Essa porcentagem é importante pois mostra o quanto ainda pode ser reduzido no consumo de energia por esse sistema.

$$CgTT_{real} = CgTR_{real} \quad (6)$$

$$RedCgTT = \frac{CgTT_{ref} - CgTT_{real}}{CgTT_{ref}} * 100 \quad (7)$$

Onde:

$CgTT_{real}$: Carga térmica total da edificação real (kWh/ano);

$CgTT_{ref}$: Carga térmica total da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

$CgTR_{real}$: Carga térmica de refrigeração anual da edificação real (kWh/ano);

$RedCgTT$: Percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (%).

O sistema de condicionamento de ar será a próxima metodologia a ser apresentadas para a classificação da ENCE Edificação 2021.

3.2.2 Classificação do sistema de condicionamento de ar

Prosseguindo nas metodologias de classificação parcial, para avaliação do sistema de condicionamento de ar atingir nível “A”, os aparelhos devem possuir um coeficiente de performance com valores definidos segundo a capacidade e o tipo do equipamento – na Tabela 11 é apresentado condicionadores de condensação a ar. Para uma faixa de temperatura de fluído de 0°C a 16°C e uma temperatura de ensaio de 20°C, a condutividade do isolamento das tubulações dos sistemas de refrigeração, do tipo de expansão direta, deve estar entre 0,032 e 0,040 W/mK.

Tabela 11 – Eficiência de condicionadores de ar do tipo volume de fluido variável (VRF) com condensação a ar que operam somente em refrigeração para classificação A.

Capacidade	Tipo de Aquecimento	Categoria	Eficiência Mínima A
< 19 kW	Todos	Multi-split VRF	3,81 SCOP
≥ 19 kW e < 40 kW	Ausente ou Resistência Elétrica	Multi-split VRF	4,54 ICOP
≥ 40 kW e < 70 kW	Ausente ou Resistência Elétrica	Multi-split VRF	4,37 ICOP
≥ 70 kW	Ausente ou Resistência Elétrica	Multi-split VRF	4,07 ICOP

Fonte: PROCEL, 2020.

O consumo de referência de refrigeração do edifício é determinado pela Equação 8, o consumo real pela Equação 9, e o percentual de redução do consumo de refrigeração, pela Equação 10, considerando que o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração depende da capacidade e tipo de equipamento de condicionamento de ar. Por fim, a classificação é determinada a partir dos grupos climáticos e da Tabela 12.

$$C_{R,ref} = \frac{CgTT_{ref}}{2,6} \quad (8)$$

$$C_{R,real} = \frac{CgTT_{real}}{CEE_R} \quad (9)$$

$$RedC_R = \frac{C_{R,ref} - C_{R,real}}{C_{R,ref}} * 100 \quad (10)$$

Onde:

$C_{R,ref}$: Consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação na condição de referência (kWh/ano);

$CgTT_{ref}$: Carga térmica total da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

$C_{R,real}$: Consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação real (kWh/ano);

$CgTT_{real}$: Carga térmica total da edificação real (kWh/ano);

CEE_R : Consumo total de energia elétrica da edificação real (kWh/ano);

$RedC_R$: Percentual de redução de consumo do sistema de refrigeração (%).

Tabela 12 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação do sistema de condicionamento de ar pelo método de 2021.

Grupo Climático	$RedC_R(\%)$			
	A	B	C	D
1a, 1b, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10	$RedC_R > 51$	$51 \geq RedC_R > 34$	$34 \geq RedC_R > 17$	$RedC_R \leq 17$
4, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 21	$RedC_R > 48$	$48 \geq RedC_R > 32$	$32 \geq RedC_R > 16$	$RedC_R \leq 16$
15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24	$RedC_R > 43$	$43 \geq RedC_R > 29$	$29 \geq RedC_R > 14$	$RedC_R \leq 14$

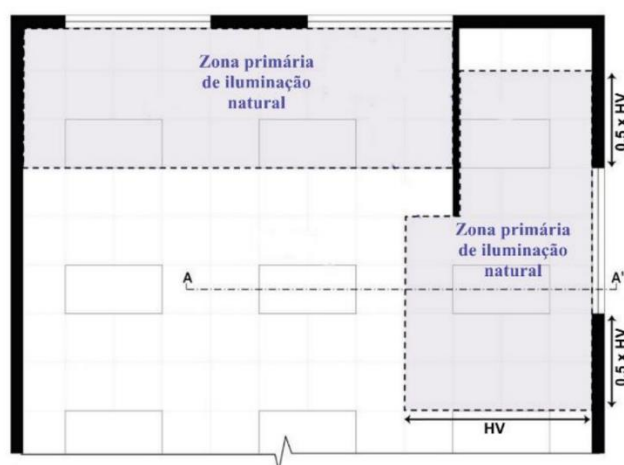
Fonte: PROCEL, 2020.

Definida a classificação para o condicionamento de ar, segue-se, no item 3.2.3 a metodologia de classificação do sistema de iluminação.

3.2.3 Classificação do sistema de iluminação

Para obter a classificação nível “A” no sistema de iluminação é preciso determinar o potencial de integração entre o sistema de iluminação e a luz natural disponível, sendo obtido pela divisão da soma das zonas primárias de luz natural e a área da construção. As zonas primárias são áreas que recebem iluminação natural através de aberturas laterais e zenitais como janelas, conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Exemplo de zona primária de iluminação.



Fonte: PBE, 2021.

Para manter o sistema de iluminação no nível máximo de eficiência, as luminárias instaladas nas zonas primárias devem possuir controle de acionamento separado das demais, e a mesma separação dos circuitos de acordo com a área dos ambientes conforme determinado no RTQ-C de 2014.

Para ambientes com área maior que 250 m², é necessário um dispositivo de desligamento automático do sistema de iluminação seguindo um horário pré-determinado, um sensor de presença que desligue após 30 minutos sem detecção ou um controle de alarme com sensor de presença. Ademais, o desligamento automático deve ser separado por pavimentos, áreas maiores que 2500 m² e dias de semana dos finais de semana e feriados.

A potência de iluminação limite pode ser determinada pelo método do edifício completo ou pelo método das atividades do edifício, semelhantemente ao RTQ-C de 2014. A potência de iluminação em uso depende da potência de iluminação controlada por sensores e o fator de ajuste de potência, sendo esse último definido segundo o tipo de controle. A potência de iluminação total da edificação real é o somatório das potências de iluminação em uso, da iluminação sem controle automatizado e dos ambientes sem projeto luminotécnico.

O consumo do sistema de iluminação anual de referência se dá pela multiplicação da potência de iluminação limite para classificação D pela quantidade de horas de uso da edificação por dia e pelo número de dias de ocupação por ano. O consumo do sistema de iluminação anual da edificação real é o resultado da multiplicação da potência de iluminação total instalada pela quantidade de horas de uso da edificação por dia e pelo número de dias de ocupação por ano.

Assim, o percentual de redução do consumo de iluminação é definido através da Equação 11, e a variável para definir os limites da classificação, pela Equação 12, resultando na Tabela 13.

$$RedC_{IL} = \frac{C_{IL,ref} - C_{IL,real}}{C_{IL,ref}} * 100 \quad (11)$$

$$i = \frac{PI_{LD} - PI_{LA}}{3} \quad (12)$$

Onde:

$RedC_{IL}$: Percentual de redução de consumo de iluminação (%);

$C_{IL,ref}$: Consumo de iluminação da edificação na condição de referência (kWh/ano);

$C_{IL,real}$: Consumo de iluminação da edificação real (kWh/ano);

i : Coeficiente de intervalo entre as classes;

PI_{LD} : Potência de iluminação limite para classificação D (kW);

PI_{LA} : Potência de iluminação limite para a classificação A (kW).

Tabela 13 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação do sistema de iluminação pelo método de 2021.

Classificação de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Máximo	-	$> PI_{LD} - 3i$	$< PI_{LD} - 2i$	$< PI_{LD} - i$	$< PI_{LD}$
Limite Mínimo	$< PI_{LD} - 3i$	$\leq PI_{LD} - 2i$	$\leq PI_{LD} - i$	$\leq PI_{LD}$	-

Fonte: PROCEL, 2020.

A classificação geral pode, por fim, ser obtida a partir da determinação da envoltória, condicionamento de ar e iluminação, como pode ser vista no item 3.2.4.

3.2.4 Classificação geral

O fator de forma é definido da mesma forma que no RTQ-C 2014 e o consumo total de energia térmica da edificação é igual ao consumo do sistema de aquecimento de água, como mostrado na Equação 13. O consumo de energia elétrica por equipamentos é determinado pela Equação 14, o consumo total de energia elétrica real ou de referência, pela Equação 15, o consumo de energia primária da edificação real pela Equação 16, com fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária definidos pelo PBE Edifica. O consumo de energia primária de referência é obtido pela Equação 17, o consumo de energia primária da edificação real, pela Equação 18 e o percentual de redução do consumo de energia primária, pela Equação 19.

$$C_{ET,real} = C_{AAT,real} \quad (13)$$

$$C_{EQ} = P_i * (h * N_{ano}) \quad (14)$$

$$C_{EE,real\ ou\ ref} = C_{R,real\ ou\ ref} + C_{IL,real\ ou\ ref} + C_{AA,real\ ou\ ref} + C_{EQ} \quad (15)$$

$$C_{EPT,real} = (C_{EE,real} + f_{CE}) + (C_{ET,real} + f_{CT}) \quad (16)$$

$$C_{EP,ref} = (C_{EE,ref} + f_{CE}) \quad (17)$$

$$C_{EPT,real} = (C_{EE,real} + f_{CE}) + C_{ET,real} + f_{CT} - (G_{EE} + f_{CE}) \quad (18)$$

$$RedC_{EP} = \frac{C_{EP,ref} - C_{EP,real}}{C_{EP,ref}} * 100 \quad (19)$$

Onde:

$C_{ET,real}$:	Consumo total de energia térmica da edificação real (kWh/ano);
$C_{AAT,real}$:	Consumo do sistema de aquecimento de água da edificação real (kWh/ano);
C_{EQ} :	Consumo de energia elétrica de equipamentos (kW);
P_i :	Potência instalada do equipamento (kW);
h :	Horas de uso da edificação (hrs);
N_{ano} :	Dias de ocupação ao ano (dias);
$C_{EE,real\ ou\ ref}$:	Consumo total de energia elétrica da edificação real ou condição de referência (kWh/ano)
$C_{R,real\ ou\ ref}$:	Consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação real ou condição de referência (kWh/ano);
$C_{IL,real\ ou\ ref}$:	Consumo do sistema de iluminação da edificação real ou condição de referência (kWh/ano);
$C_{AA,real\ ou\ ref}$:	Consumo do sistema de aquecimento de água em energia elétrica da edificação real ou condição de referência (kWh/ano);
$C_{EPT,real}$:	Consumo de energia primária total da edificação real sem a parcela relativa à geração de energia renovável (kWh/ano);
$C_{EE,real\ ou\ ref}$:	Consumo total de energia elétrica da edificação real ou na condição de referência (kWh/ano);
f_{CT} :	Fator de conversão de energia térmica em energia primária;
$C_{EP,real\ ou\ ref}$:	Consumo de energia primária edificação real ou na condição de referência (kWh/ano);
f_{CE} :	Fator de conversão de energia elétrica em energia primária;
G_{EE} :	Energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);
$RedC_{EP}$:	Percentual de redução de consumo de energia primária (%).

Para se limitar os níveis de eficiência energética é preciso retirar o coeficiente de redução do consumo de energia primária entre os níveis “D” e “A” da Tabela 14 seguindo seu grupo climático, tipo de edificação e seu fator de forma, e definir a variável “i” através da Equação 20, preenchendo-se a Tabela 15.

Tabela 14 – Edificações educacionais: coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A (CRCEPD-A), com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente.

Grupo Climático	Coeficiente de Redução de Consumo de Energia Primária da classificação D para A			
	FF ≤ 0,2	0,2 < FF ≤ 0,3	0,3 < FF ≤ 0,4	FF > 0,4
GC 14	0,3	0,31	0,29	0,28

Fonte: PROCEL (adaptada), 2020.

$$i = \frac{C_{EP,ref} - CRC_{EPD-A}}{3} \quad (20)$$

Onde:

- i: Coeficiente de intervalo entre as classes;
- $C_{EP,ref}$: Consumo de energia primária edificação na condição de referência (kWh/ano);
- CRC_{EPD-A} : coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A.

Tabela 15 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para classificação geral pelo método de 2021.

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Máximo	-	$> C_{EP,ref} - 3i$	$> C_{EP,ref} - 2i$	$> C_{EP,ref} - i$	$> C_{EP,ref}$
Limite Mínimo	$\leq C_{EP,ref} - 3i$	$\leq C_{EP,ref} - 2i$	$\leq C_{EP,ref} - i$	$\leq C_{EP,ref}$	-

Fonte: PROCEL, 2020.

O RTQ-C 2021 define os requisitos para a classificação como Edifícios de Energia Quase Zero (EEQZ) e Edifícios de Energia Positiva (EEP). Para essa categorização, o sistema de geração de energia deve estar localizado no mesmo terreno do edifício e ligado ao seu medidor de energia. O potencial de geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis locais pode ser quantificado pela Equação 21.

$$PG_E = \frac{G_{EE} * 100}{C_{EE,real}} \quad (21)$$

Onde:

- PG_E : Potencial de geração de energia (%);
- G_{EE} : Energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);
- $C_{EE,real}$: Consumo total de energia elétrica da edificação real (kWh/ano).

Para a classificação como Edifício de Energia Quase Zero o consumo de energia primária total deve atender a Equação 22. Por sua vez, o nível “A+”, ou seja, Edificação de Energia Positiva, é necessário satisfazer a Equação 23.

$$G_{EE} * f_{cE} \geq 0,5 * \left((C_{EE,real} * f_{cE}) + (C_{ET,real} * f_{cT}) \right) \quad (22)$$

$$(G_{EE} * f_{cE}) - \left((C_{EE,real} * f_{cE}) + (C_{ET,real} * f_{cT}) \right) \geq 0 \quad (23)$$

Onde:

G_{EE} : Energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);

$C_{EE,real}$: Consumo total de energia elétrica da edificação real (kWh/ano);

f_{cE} : Fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

$C_{ET,real}$: Consumo total de energia térmica da edificação real (kWh/ano);

f_{cT} : Fator de conversão de energia térmica em energia primária.

Ademais, o documento de 2021 quantifica a emissão de gás carbônico pela edificação e o uso racional da água, não sendo estes critérios que influenciam na categorização geral da edificação, sobretudo são avaliações relativas à preocupação com o meio ambiente. O percentual de redução de emissão de dióxido de carbono é calculado pela Equação 24, dependente da emissão de dióxido de carbono real e de referência, obtidos pelas Equações 25 e 26, respectivamente. O percentual anual de redução no consumo de água potável é definido pela Equação 27.

$$P_{CO2} = \left[\frac{E_{CO2,real}}{E_{CO2,ref}} - 1 \right] * 100 \quad (24)$$

$$E_{CO2,real} = \frac{(C_{EE,real} + f_{cE}) + (C_{ET,real} * f_{cT}) - (G_{EE} * f_{cE})}{1000} \quad (25)$$

$$E_{CO2,ref} = \frac{(C_{EE,ref} + f_{cE}) + (C_{ET,ref} * f_{cT})}{1000} \quad (26)$$

$$Red_{\acute{a}gua} = \left[\frac{C_{\acute{a}gua,ref} - (C_{\acute{a}gua,real} - O_{\acute{a}gua,n\grave{a}o\ pot\acute{a}vel})}{C_{\acute{a}gua,ref}} \right] * 100 \quad (27)$$

Onde:

P_{CO_2} :	Percentual de redução ou acréscimo das emissões de dióxido de carbono (%)
$E_{CO_2,real\ ou\ ref}$:	Emissão total de dióxido de carbono da edificação real ou na condição de referência (tCO ₂ /ano);
$C_{EE,real\ ou\ ref}$:	Consumo total de energia elétrica da edificação real ou na condição de referência (kWh/ano);
f_{CE} :	Fator de conversão de energia elétrica em energia primária;
$C_{ET,real\ ou\ ref}$:	Consumo total de energia térmica da edificação real ou na condição de referência (kWh/ano);
f_{CT} :	Fator de conversão de energia térmica em energia primária;
G_{EE} :	Energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);
$Red_{\acute{a}gua}$:	Percentual de redução no consumo de água potável (%);
$C_{\acute{a}gua,real\ ou\ ref}$:	Consumo anual de água da edificação real ou na condição de referência (L/ano);
$O_{\acute{a}gua,n\tilde{a}o\ pot\acute{a}vel}$:	Oferta de água não potável (L/ano) conforme laudo técnico.

Através dos equacionamentos e tabelas listadas, a classificação geral da edificação em estudo poderá ser determinada através dos dois métodos (ENCE 2014 e 2021). As variáveis e resultados, a partir da análise e comparação, permitirão a apresentação de propostas para majorar a redução do consumo.

4 DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DAS ENCEs

Para a determinação e análise da classificação através dos métodos de 2014 e 2021 primeiro é necessário caracterizar o objeto de estudo, em seguida aplicar os dados nos cálculos empregando a metodologia apresentada no item 3.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO BLOCO DA FAEN

O objeto de estudo desse trabalho é o bloco da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados, localizado em Dourados, Mato Grosso do Sul. Segundo entrevista com o reitor eleito (Biasotto, 2022), antes de 2010, não existia a Faculdade de Engenharia na UFGD, os cursos de Engenharia de Produção, de Alimentos e Energia faziam parte da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas (FACET).

Com o aumento do investimento para a formação de engenheiros nesse período no Brasil, foi destinado um recurso à Universidade com a finalidade da divisão da faculdade, a criação de outros dois cursos de engenharia e a criação de novos blocos – para a Faculdade de Engenharia com setor administrativo e gabinetes de professores, bem como para os laboratórios.

A obra do bloco da FAEN foi iniciada em 2010 visando atender a necessidade de gabinetes para os professores e laboratórios para o curso de Engenharia de Produção, já que a ideia inicial era que as demais engenharias ganhassem blocos separados para seus laboratórios. O bloco de Engenharia de Energia logo saiu do papel, mas o da FAEN não obteve o mesmo sucesso. Dessa forma, os professores dos cursos de engenharia se instalaram no bloco da Engenharia de Energia.

Por volta de 2013, houve a criação dos cursos Engenharia Mecânica e Civil, trazendo de volta a preocupação com os espaços destinados aos estudos das engenharias. Em 2016, com a posse do prof. Dr. Etienne Biasotto como diretor da FAEN, ocorreu uma reforma no bloco da Engenharia de Energia e novas movimentações para a construção do bloco da FAEN. Percebeu-se que o projeto idealizado em 2010 havia se tornado obsoleto, com solicitações de mudanças por parte dos professores das engenharias.

Algumas mudanças no projeto do Bloco da FAEN já incluíam a melhor classificação na ENCE Edificação: a instalação de interruptores separados para as luminárias próximas às janelas e de quadros de energia separados entre os sistemas de iluminação e climatização. Com as mudanças na gestão da direção da FAEN e na reitoria, a obra não teve retorno com seu novo projeto até o ano de 2019.

Em junho de 2022, data do desenvolvimento deste trabalho, o bloco encontra-se totalmente construído, com todos os sistemas instalados, a exceção dos equipamentos de condicionamento de ar, estando próximo o processo de recebimento e uso pela Faculdade de Engenharia. O bloco foi construído contando com painéis fotovoltaicos para geração própria de energia. Uma foto da fachada norte do bloco da FAEN pode ser visualizada na Figura 12.

Figura 12 – Fachada do bloco da FAEN



Fonte: Foto tirada pela autora.

As áreas úteis dos ambientes que compõem os pavimentos do bloco encontram-se relacionadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Área útil dos ambientes que constituem o bloco da FAEN.

Pavimento superior		
Quantidade	Função	Área útil (m²)
Pavimento Superior		
17	Gabinetes para professores	19,65
1	Copa	25,80
2	Sanitário para pessoas com deficiência	2,82
1	Sanitário feminino	15,84
1	Sanitário masculino	13,20
1	Sala técnica	3,06
1	Sala de apoio ao docente	25,80
1	Secretaria acadêmica	30,17
1	Coordenação administrativa	19,80
4	Sala de secretaria	19,65
3	Salas de coordenação	9,90
2	Salas de coordenação	9,82
1	Sala de coordenação	9,68
1	Sala de reunião	60,54
1	Sala de reunião	19,81
1	Secretaria de direção	19,79
1	Sala da direção	19,81
1	Circulação	178,84
Pavimento Térreo		
1	Laboratório de qualidade e desenvolvimento do produto	66,40
1	Sala interna do laboratório de qualidade e desenvolvimento do produto	13,25
5	Laboratórios	59,80
1	Laboratório de ensino de engenharia de produção	66,15
1	Laboratório de impressão e vídeo	19,35
1	Copa	19,35
1	Armário da copa	2,44
2	Sanitário para pessoas com deficiência	2,82
1	Sanitário feminino	15,84
1	Sanitário masculino	13,20
1	Sala técnica	3,06
1	Laboratório de videoconferência	42,87
1	Sala interna do laboratório de videoconferência	12,79
1	Laboratório de processos produtivos	56,42

Quadro 2 – Área útil dos ambientes que constituem o bloco da FAEN (Continuação).

Pavimento Térreo (continuação)		
Quantidade	Função	Área útil (m²)
1	Laboratório de gerenciamento de produção e confiabilidade	50,29
1	Sala interna do laboratório de gerenciamento de produção e confiabilidade	8,46
1	Sala interna do laboratório de gerenciamento de produção e confiabilidade	10,85
1	Laboratório de processos agroindustriais e ambientais	57,25
1	Sala interna laboratório de processos agroindustriais e ambientais	12,70
1	Circulação	133,25
1	Circulação	37,17
1	Área de higienização e paramentação	20,61

Fonte: Elaborada pela autora.

Do pavimento superior, com exceção da copa, banheiros, circulação, escadaria e elevador, todos os demais ambientes possuem condicionamento de ar. De igual forma, do pavimento inferior, com exceção da copa, armário, circulações, banheiros, área de higienização e paramentação. Ademais, há um elevador com acionamento hidráulico com 4 m² para pessoas com deficiência, uma área de escadaria com 17,84 m², conforme fotos apresentadas nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 – Elevador para pessoas com deficiência.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Figura 14 – Escadaria do bloco da FAEN.



Fonte: Foto tirada pela autora.

O pavimento inferior possui 36 janelas, 2 portões e 3 portas, enquanto o pavimento superior possui 40 janelas. As janelas das fachadas norte e sul são conforme apresentadas na Figura 15.

Figura 15 – Janelas das fachadas norte e sul.



Fonte: Foto tirada pela autora.

O edifício tem 21 quadros de carga, sendo 4 para equipamentos de condicionamento de ar, 2 para luz (iluminação), 2 de força (tomadas), 11 para os demais equipamentos, 1 quadro geral e 1 quadro de cargas de alimentação. Todos os quadros são etiquetados e os disjuntores identificados. Um dos quadros de carga para equipamentos de condicionamento de ar pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 – Quadro de carga Q5 no laboratório de ensino de Engenharia de Produção.



Fonte: Foto tirada pela autora.

4.2 Determinação da ENCE pelo RTQ-C de 2014

Considerando que a edificação não possui proteções verticais, o ângulo horizontal de sombreamento é nulo. O ângulo vertical, por sua vez, formado entre o brise solar e a janela do pavimento superior é de 66° , entre o brise solar e a janela do térreo é de 23° e entre a cobertura frontal e a janela frontal é de $59,9^\circ$. O ângulo obtido através da média ponderada entre esses é superior à 45° , dessa forma o ângulo vertical de sombreamento considerado foi de 45° . Nenhum outro edifício faz sombra no bloco em estudo, portanto o ângulo de obstrução vizinha também é nulo. O sombreamento ocasionado pelos brises nas janelas da fachada norte pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 – Sombreamento nas janelas do pavimento superior ocasionado pelos brises.



Fonte: Foto tirada pela autora.

As paredes foram construídas com tijolo vazado de dimensões 9x19x19 cm, com 8 furos, sendo os furos de 35x30 cm, e 2 cm de reboco de cada lado, resultando em uma transmitância térmica de 2,39 W/m²K e uma capacidade térmica de 151 kJ/m²K (INMETRO, 2017). A cobertura foi feita com laje pré-moldada, câmara de ar e telha metálica do tipo sanduiche, com transmitância térmica de 0,59 W/m²K e capacidade térmica de 176 kJ/m²K (INMETRO, 2017).

A tinta utilizada na fachada é amarela, com detalhe de plaquetas cerâmicas terracota, sendo a absorvância solar da tinta amarela 0,3 e da vermelha, aproximação da terracota, 0,74. Como a maior parte da fachada é amarela, foi considerado o valor apenas da amarela. A absorvância solar da cobertura metálica é de 0,2 (ABNT, 2005). As cores das tintas podem ser observadas na Figura 18.

Figura 18 – Pintura exterior do edifício.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Os vidros das janelas são do tipo simples, sem insulfilme, que permite uma maior entrada da radiação solar e o aumento da temperatura ambiente dentro do prédio. A sua espessura possui 3 mm, possuindo um fator solar de 0,87 e uma transmitância térmica de 4,7 W/m²K (ABIVIDRO, 2016). O prédio da FAEN não possui aberturas zenitais.

Os dados iniciais retirados dos projetos arquitetônicos, de climatização, elétrico e hidrossanitário disponibilizados pela Prefeitura Universitária da UFGD estão dispostos na Tabela 16.

Tabela 16 – Parâmetros para determinação da classificação da envoltória RTQ-C 2014.

Parâmetro	Valor
Área condicionada	1407,70 m ²
Área não condicionada	39,91 m ²
Área da envoltória	2164,96 m ²
Área de permanência transitória	480,27 m ²
Área de projeção da cobertura	1045,18 m ²
Área de projeção da edificação	1045,18 m ²
Área útil	1917,05 m ²
Área total construída	2083,16 m ²
Ângulo horizontal de sombreamento	0°
Ângulo vertical de sombreamento	45°
Altura	6,8 m
Volume da edificação	7082,46 m ³
Transmitância térmica da parede	2,39 W/m ² K
Transmitância térmica da cobertura	0,59 W/m ² K
Capacidade térmica da parede	151 kJ/m ² K
Capacidade térmica da cobertura	176 kJ/m ² K
Absortância solar da parede	0,3
Absortância solar da cobertura	0,2
Fator solar	0,87
Percentual de área de abertura na fachada total	25,40%
Percentual de área de abertura na fachada oeste	24,82%
Fator de altura	0,5
Fator de forma	0,3
Transmitância térmica do vidro	5,7 W/m ² K

Fonte: UFGD, 2019.

Os valores de transmitâncias térmicas da cobertura e da parede encaixam-se na categoria “A” seguindo as Tabelas 1 e 2, para zona bioclimática 3 do RTQ-C de 2014. A orientação das fachadas pode ser observada na Figura 19. A partir dessa orientação foi retirada dos projetos a área da fachada oeste, de 108,80 m² e a área das aberturas dessa fachada, de 2,7 m², detalhada na Figura 20, resultando em um percentual de área de abertura na fachada oeste de 24,82%. O percentual de área de abertura na fachada total é de 25,40%.

Figura 19 – Bloco da FAEN vista por satélite.



Fonte: Google Maps, 2022.

Figura 20 – Janela com abertura da fachada oeste.



Fonte: Foto tirada pela autora.

O fator de altura é de 0,50 e o fator de forma é de 0,30. Com esses dados, e sabendo que a área de projeção do edifício é superior a 500 m², o indicador de consumo da envoltória pode ser calculado a partir da Equação 2, resultando em 121,84.

Com os dados da Tabela 4, foram calculados os limites das categorias para classificação da envoltória pela Equação 3, resultando em 6,67. Preenchendo a Tabela 5 como detalhado no Quadro 3, o indicador de consumo da envoltória obtido é menor do que o limite máximo para classificação nível “A” da envoltória, encaixando-se nessa categoria pela RTQ-C de 2014.

Quadro 3 – Resultado dos limites para os níveis de classificação da envoltória pelo método de 2014.

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	132,54	139,22	145,89	152,56
Limite Máximo	132,54	139,22	145,89	152,56	-

Fonte: Elaborada pela autora.

A classificação da envoltória como nível “A” é satisfatória, considerando que o material utilizado nas paredes e teto podem ser destacados para esta eficiência. A telha tipo sanduiche, com laje na cobertura, o uso de tijolos furados nas paredes, bem como o uso de tintas de tons claros diminui a absorção da radiação solar pelo prédio, diminuindo a temperatura interna e melhorando o conforto térmico.

A utilização dos brises formando um ângulo de sombreamento também melhora o conforto interno, dificultando a entrada de radiação solar no ambiente, mas ainda permitindo que haja contribuição da iluminação solar. Por fim, o indicador de consumo da envoltória pode ainda ser reduzido com a aplicação de insulfilmes nos vidros das janelas e a pintura de branco, uma vez que diminui a transmitância térmica do vidro a absorvância solar da parede.

O próximo sistema a ser classificado será a iluminação, como apresenta o item 4.2.1.

4.2.1 Classificação do sistema de iluminação

O sistema de iluminação do edifício possui divisão de circuitos com interruptor individual para cada ambiente, com acionamento separado para as luminárias próximas às janelas, permitindo o uso da contribuição da luz natural como visto na Figura 21. Considerando, ainda, que os ambientes do bloco não ultrapassam 250 m², nenhum dispositivo de desligamento automático é especificado pelo RTQ-C

Figura 21 – Iluminação com circuito separado para as lâmpadas próximas às janelas para o aproveitamento da luz natural.



Fonte: Fotos tiradas pela autora.

Sobretudo, a instalação de dispositivos de desligamento automático ajuda a reduzir o consumo de energia elétrica – corredores de circulação e sanitários são ambientes que permitem o acionamento da iluminação por sensores de presença.

A determinação da eficiência do sistema de iluminação foi realizada pelo método da área do edifício, tendo em vista a utilização do pavimento superior como gabinete pelos professores e o térreo como universidade, com atividades de laboratório. A área útil destinada aos gabinetes é de 961,30 m², possuindo 142 luminárias com 2 lâmpadas LED cada, totalizando 5.458 W. O pavimento térreo, por sua vez, com atividade de ensino (escola/universidade), com área útil de 928,20 m², possuindo 157 luminárias com 2 lâmpadas LED cada possui potência total igual a 5.932 m². As lâmpadas LED são mais eficientes quando comparadas às fluorescentes e, considerando que o bloco é novo, todas as lâmpadas instaladas são desse tipo – reduzindo o consumo de energia elétrica e garantindo longa vida útil do sistema de iluminação. O modelo das luminárias do prédio pode ser visto na Figura 22.

Figura 22 – Luminária com lâmpada LED tubular 2x20W.



Fonte: Foto tirada pela autora.

A potência total da edificação é de 11.390 W, segundo os quadros de carga de luz disponibilizado pela UFGD. Os limites das categorias para esse sistema, conforme Tabela 17, são obtidos através da multiplicação das áreas de cada atividade pela densidade de potência de iluminação para cada atividade da Tabela 6.

Tabela 17 – Resultados da potência limite para a categoria “A” do sistema de iluminação.

Função	Potência (W)	Área destinada a atividade (m ²)	Potência limite para a categoria A (W)	Melhoria em relação a potência limite
Escola/universidade	5.932	928,17	9.931	41,47%
Escritório	5.458	961,30	9.324	40,27%
Total das atividades	11.390	1.889,47	19.256	40,85%

Fonte: Elaborada pela autora.

Como a potência total é inferior a potência limite somada das duas atividades, o sistema de iluminação classifica-se na categoria “A” pelo RTQ-C de 2014. Em relação a potência limite para a classificação na categoria “A”, o bloco encontra-se com uma potência 40,85% menor, ainda mantendo o conforto para realização das atividades necessárias e dentro das normas de iluminação mínimas.

As classificações parciais são importantes pois a partir delas é possível calcular a pontuação geral do edifício, dessa forma, a próxima classificação necessária é do sistema de condicionamento de ar, conforme desenvolvida no item a seguir.

4.2.2 Classificação do sistema de condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar do edifício é do tipo fluxo de fluido refrigerante variável (VRF), o qual possui várias unidades evaporadoras em uma unidade condensadora, e tubulações com diâmetros entre 6,35 mm e 19,05 mm. O isolamento dessas tubulações é de espuma elastomérica com mais de 13,0 mm de espessura. Todos os equipamentos utilizados são classificados como nível “A” pelo selo PROCEL, sendo da marca Philco e Agratto, como detalhados na Figura 23 que, juntamente com a espessura de isolamento dentro dos parâmetros da Tabela 7, culminam na classificação do sistema de condicionamento de ar como nível “A”.

Figura 23 – Exemplo dos condicionadores de ar usados no bloco da FAEN.



Fonte: Central Ar, 2022.

A opção por equipamentos já classificados com elevada eficiência (coeficiente de performance) propicia menor consumo de energia – os modelos comprados pela UFGD são tipo inverter (VRF), que controlam a vazão do fluido refrigerante utilizando a capacidade necessária para a climatização conforme a demanda térmica dos ambientes.

Por fim, com a envoltória, sistemas de iluminação e condicionamento de ar classificados, foram avaliadas as bonificações para a obtenção da classificação geral do edifício.

4.2.3 Bonificações

Em 2018 a UFGD adquiriu uma usina fotovoltaica constituída por dezesseis unidades geradoras de 70 kWp, o que totaliza uma potência instalada de 1,12 MWp, uma geração estimada de 1.682,65 MWh, a partir de um investimento de R\$ 4.525.939,84 (QUINTELA, LIMA, 2020). Aproveitando que a Universidade receberia a instalação de placas solares no térreo e em alguns telhados da unidade II, foram incluídos 56 painéis de 330 W no bloco da FAEN como brises das janelas superiores da fachada lateral norte, totalizando 18,48 kWp. O sombreamento ocasionado pelos brises de placas solares é apresentado na Figura 16, e o conjunto de inversores do sistema fotovoltaico, na Figura 24.

Figura 24 – Conjunto de inversores do sistema fotovoltaico do bloco FAEN em 2022.



Fonte: Foto tirada pela autora.

Considerando que, para a obtenção da bonificação pela geração de energia por fonte renovável no mesmo terreno e medição, seja necessário que o sistema solar fotovoltaico alcance no mínimo 10% do consumo do prédio. Observando que as instalações do bloco da FAEN ainda não se encontram em funcionamento, foi necessária a estimativa do consumo do prédio.

A estimativa do consumo do bloco da FAEN considera que a atividade de segunda à sábado, das 6 horas às 17:30 horas, de fevereiro a junho e de agosto a novembro, pois janeiro, julho e dezembro, normalmente, são recessos acadêmicos. Os condicionadores de ar e as lâmpadas internas ficarão ligados todos os dias em todo o tempo de funcionamento do bloco, exceto nos meses de janeiro, maio a julho e dezembro, períodos sem aula ou de inverno.

Alguns laboratórios serão salas com computadores e projetores enquanto outros serão oficinas, com uso planejado de ferramentas elétricas como furadeiras, serras, desempenadeiras,

tornos, lixadeiras, exaustores, fornos e máquinas de conformação. Os laboratórios serão usados algumas horas por semana, considerando ainda que o uso dos equipamentos depende das práticas planejadas para cada aula. Nos gabinetes, salas de reuniões, coordenações e secretarias é planejado o uso de computadores em todos os dias de funcionamento do bloco. Assim, o consumo de energia elétrica é majoritariamente proveniente do sistema de iluminação, condicionamento de ar e computadores.

A partir das considerações de funcionamento, sintetizadas na Tabela 18, o consumo médio mensal do edifício estimado é de 15.565 kWh e a geração média mensal dos painéis solares, considerando o tipo de telhado, orientação, localização geográfica e a simulação do sistema, é de 2.311 kWh. O resultado estimado é uma economia advinda do sistema fotovoltaico de 14,85%: com porcentagem de economia superior à 10%, o sistema fotovoltaico pode ser considerado como bonificação.

Tabela 18 – Média de consumo mensal de energia elétrica do bloco da FAEN.

	Iluminação	ar-condicionado	Total
Tempo de uso (h/ano)	1.496	1.150	2.646
Potência (W)	11.390	147.600	158.990
kWh/mês	1.420	14.145	15.565

Fonte: Elaborada pela autora.

O elevador para pessoas com deficiência é do tipo hidráulico e projetado de acordo com a normas brasileiras de acessibilidade e segurança, por falta de dados sobre o motor elétrico e sobre sua eficiência, ele não foi considerado como bonificação no cálculo da pontuação geral.

4.2.4 Classificação geral

Para o cálculo da pontuação geral e classificação do edifício como um todo, como os ambientes de período prolongado não condicionados são as copas, usadas entre às 11 e 13 horas, horários com temperaturas mais elevadas e com conforto térmico desejado em apenas 3 meses no ano, o equivalente numérico de ventilação considerado foi igual a 1, baixa eficiência. Por fim, pode ser calculada a pontuação total da edificação usada para classificação do nível de eficiência dada pela RTQ-C 2014 de acordo com a Equação 4, e classificá-la seguindo a Tabela 8. Os resultados podem ser analisados na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultado da determinação da ENCE do bloco da FAEN pelo RTQ-C 2014.

Variável	Valor	Classificação
Nº representativo da eficiência da envoltória	5	A
Nº representativo da eficiência do sistema de iluminação	5	A
Nº representativo da eficiência do sistema de condicionamento de ar	5	A
Nº representativo do conforto dos ambientes não condicionados artificialmente	1	-
Bonificações	1	-
Pontuação Total	5,96	A

Fonte: Elaborada pela autora.

A pontuação geral resulta em 5,96, proporcionando para o bloco da FAEN a classificação geral mais alta possível, nível “A”, resultado das classificações parciais de envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar níveis “A”. Soma-se a pontuação a bonificação 1 pela geração local de energia renovável oriunda do sistema fotovoltaico.

Por fim, o método de 2014 analisa os sistemas baseados no consumo final de energia elétrica de maneira mais simples e relevando pontos importantes – a classificação geral alcançada é a mais alta ao mesmo tempo que o conforto térmico dos ambientes não condicionados não tenha sido garantido. Outrossim, ainda que haja possibilidades de redução do consumo de energia de acordo com os pontos levantados ao longo desse estudo, essa metodologia não estimula o aumento da eficiência da edificação.

Em contraposição, considerando um avanço na metodologia de classificação, a ENCE do edifício em estudo seguindo a RTQ-C de 2021 será apresentada e analisada a seguir.

4.3 DETERMINAÇÃO DA ENCE PELO RTQ-C DE 2021

A classificação segundo o método definido pelo RTQ-C 2021, diferente do RTQ-C 2014, leva em consideração a redução no consumo de energia primária, permitindo, assim, uma comparação da porcentagem de redução do consumo e da produção de gás carbônico. Para a classificação geral, seguem as parciais da envoltória, item 4.3.1, do condicionamento de ar, 4.3.2 e da iluminação, 4.3.3.

4.3.1 Classificação da envoltória

Segundo o método RTQ-C 2021, o edifício está localizado no grupo climático 14. Foi adotada a categoria educacional para os parâmetros de edificação na condição de referência e os parâmetros de entrada adicionais que, além dos dispostos na Tabela 16, estão descritos na Tabela 20.

Considerando que os equipamentos usados dependem das práticas planejadas para cada aula, o valor da densidade de potência dos equipamentos foi determinado como o dobro da densidade de potência de iluminação. A densidade de potência de iluminação, por sua vez, foi calculada dividindo o somatório das cargas dos quadros de luz pela área total construída. O fator solar máximo para avaliação da envoltória admitido pelo método simplificado do RTQ-C de 2021 é 0,8 – diferente do valor 0,87 apresentado no método anterior.

Tabela 20 – Parâmetros adicionais para a classificação da envoltória RTQ-C 2021.

Parâmetro	Valor
Área de permanência prolongada	1.408,70 m ²
Área iluminada	1.917,05 m ²
Ângulo de obstrução vizinha	0°
Densidade de potência de equipamentos	11 W/m ²
Densidade de potência de iluminação	5,47 W/m ²
Pé-direito	3,40 m
Fator solar	0,80

Fonte: UFGD, 2019.

Através da Tabela 9, sabendo que o fator de forma da edificação está entre 0,2 e 0,3, o coeficiente de redução de carga térmica anual da classificação D para A obtido é de 0,12. Para classificação da envoltória por esse método, aplicando as condições de referência do Quadro 1 no metamodelo de simulação proposto no próprio documento, e disponível no site do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE, 2022), a carga térmica total anual da envoltória da edificação na condição de referência resultante é 465.581,61 kWh/ano.

Com os dados reais, a carga térmica total anual da envoltória da edificação real também é obtida, sendo 345.895,97 kWh/ano. A aplicação dos dados reais no metamodelo é detalhado na Figura 25.

Figura 25 – Entrada dos dados no metamodelo para obtenção da carga térmica total anual da envoltória na condição real.

GRAMA
ERD DE
ETAGEM

Ensinio Superior

Zonas térmicas

Sobre a edificação

Estado: MS

Cidade: Campo

Não encontrou sua cidade?

Número de pavimentos: 2

Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?: Não

Escolha o pavimento: Térreo

Dados da Tipologia

Número de zonas térmicas: 18

Calcular carga térmica

Zona 1		Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	11,00	Ângulo horizontal de sombreamento (°)	0,00
Área (m²)	66,40	Densidade de potência de iluminação (W/m²)	5,47	Ângulo vertical de sombreamento (°)	45,00
Contato com o solo?	Sim	Fator Solar do vidro	0,80	Ângulo de obstrução vizinha (°)	0,00
Zona sobre pilotis?	Não	Transmitância térmica do vidro (W/m²K)	5,70	Horas de ocupação (h)	8,00
Possui cobertura exposta?	Não	Absortância solar de cobertura		Transmitância térmica da cobertura (W/m²K)	
Possui isolamento do piso?	Não	Absortância solar da parede	0,30	Capacidade Térmica da cobertura (kJ/m²K)	
Tipo de zona?	Perim	Pé-direito (m)	3,40	Transmitância térmica da parede (W/m²K)	2,39
Orientação solar	N	Percentual de abertura da fachada	0,25	Capacidade Térmica da parede (kJ/m²K)	151,00

Fonte: PBE, 2022.

Aplicando os valores obtidos na Equação 5, o coeficiente que representa o intervalo entre as classes resulta em 18.623,26 e os limites dos níveis de classificação da envoltória são completados na Tabela 10, como mostrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultado dos limites dos níveis de classificação da envoltória pelo método de RTQ-C 2021.

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	409.711,80	428.335,10	446.958,30	465.581,60
Limite Máximo	409.711,80	428.335,10	446.958,30	465.581,60	-

Fonte: Própria autoria.

A partir da simulação do site “Natural Comfort” também disponível no site do PBE, a fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação foi simulada, Figura 26. Como a relação entre comprimento e profundidade não pode exceder 4, foi considerado uma fração de 50%, que seria para um comprimento de 64 metros. O fator da área da escada foi determinado pela divisão da área da escada e a área total construída e a forma das janelas pela divisão entre a largura e a altura das janelas.

Figura 26 – Dados de entrada na interface para obtenção da fração de horas de desconforto por calor em relação às horas de ocupação.

LOCALIZAÇÃO		TIPOLOGIA	
Dourados - MS		Escola	
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Comprimento total	Profundidade total	Pa-direito	Número de pavimentos
66.3 m	16.0 m	3.4 m	2 andares
Área das salas ocupadas	Fator da área da escada	PAF	Ângulo vertical de sombreamento
42.9 m ²	0.02	0.25	45°
PROPRIEDADES TÉRMICAS			
Absortância solar da parede	Transmitância térmica da parede	Capacidade térmica da parede	Absortância solar da cobertura
0.30	2.39 W/m ² .K	151 kJ/m ² .K	0.20
Transmitância térmica da cobertura	Capacidade térmica da cobertura	Fator solar	Transmitância térmica do vidro
0.59 W/m ² .K	176 kJ/m ² .K	0.80	5.70 W/m ² .K
VENTILAÇÃO			
Fator de correção do vento	Obstáculos do entorno		
Áreas rurais planas	Sem proteção local ou obstruções		
Forma das janelas	Fator de abertura	Ventilador	
1.7	Janela de correr	Sem ventilador	
CALCULAR		NATURAL COMFORT	

Fonte: *Natural Comfort*, 2022.

O metamodelo torna desnecessário o uso das Equações 6 e 7 pois com os dados de entrada e a fração de horas por desconforto térmico resultam na classificação automática da envoltória, com um percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória de 26%. O resultado da classificação da envoltória realizado pelo metamodelo do PBE segundo o RTQ-C de 2021, foi nível “A”, como visto na Figura 27.

Figura 27 – Resultado da classificação da envoltória pelo metamodelo.

Coefficiente de redução de carga térmica total anual da classificação D para a A	0,12
Percentual de horas ocupadas em desconforto térmico por calor (%)	50
PERCENTUAL DE REDUÇÃO DA CARGA Edificação real vs. Condição de referência	26 %
CLASSIFICAÇÃO FINAL DA ENVOLTÓRIA	A
CgTTreal (kWh/ano)	345895.97
CgTTref (kWh/ano)	465581.61

Fonte: PBE, 2022.

Corroborando com o que já foi salientado no método anterior, ainda que a classificação da envoltória seja a melhor possível, a apresentação da porcentagem de redução da carga térmica (edificação real versus condição de referência) obtido igual a 26% estimula a busca por

novos materiais e metodologias construtivas para o aumento deste indicador. O RTQ-C 2021, por sua vez, ainda possibilita a comparação de diferentes edificações nível “A” pela da porcentagem de redução da carga térmica, valorizando os investimentos para conforto e eficiência energética dispendidos no projeto.

A classificação do condicionamento de ar é o próximo sistema a ser apresentado considerando o método RTQ-C 2021.

4.3.2 Classificação do sistema de condicionamento de ar

Para classificação do sistema de condicionamento de ar é analisado os equipamentos etiquetados com nível “A”, controle de temperatura por zona, sistema de desligamento automático, agrupamento de zonas com área inferior a 2.300 m² e espessura de isolamento da tubulação segundo a Tabela 7, que também se aplica a esse método de etiquetagem. Em visita ao bloco da FAEN, foi constatado que os equipamentos que serão instalados são da marca Philco e Elgin.

A partir da tabela da PROCEL para condicionadores de ar split hi-wall (PROCEL, 2014), o coeficiente de performance médio dos aparelhos da Philco é de 3,26 W/W, resultando em um coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração de 3,46 W/W, obtido pela multiplicação do coeficiente de performance por 1,062. Assim, o percentual de redução de consumo do sistema de refrigeração é obtido pelas Equações de 8 a 10, sendo igual à 72,12%, conforme detalhado na Tabela 21.

Tabela 21 – Classificação do sistema de condicionamento de ar pelo RTQ-C 2021.

Variável	Valor
$C_{R,ref}$: Consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação na condição de referência (kWh/ano)	179.070
$CgTT_{ref}$: Carga térmica total da edificação em sua condição de referência (kWh/ano)	465.582
$C_{R,real}$: Consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar da edificação real (kWh/ano)	49.932
$CgTT_{real}$: Carga térmica total da edificação real (kWh/ano)	345.896
CEE_R : Consumo total de energia elétrica da edificação real (kWh/ano)	244.009
$RedC_R$: Percentual de redução de consumo do sistema de refrigeração (%)	72,12
Pontuação Total	A

Fonte: Elaborada pela autora.

O alto percentual de redução do consumo do sistema de refrigeração, adicionados ao nível “A” obtido, pode ser explicado pela eficiência dos equipamentos utilizados, em especial por se tratar de máquinas com Fluxo Refrigerante Variável (VRF).

O sistema de iluminação dá sequência à classificação da ENCE pelo método RTQ-C 2021 conforme apresentado a seguir.

4.3.3 Classificação do sistema de iluminação

A classificação do sistema de iluminação contempla todos os requisitos já definidos pela metodologia disposta no RTQ-C de 2014 – continuam como requisitos na RTQ-C 2021. O consumo do sistema de iluminação de referência depende da potência de iluminação limite para classificação D e o método utilizado para obter esse parâmetro foi o do edifício completo, método semelhante ao da área do RTQ-C de 2014.

A densidade de potência instalada é de 5,47 W/m², sendo resultado da divisão da potência instalada de 11.390 W pela área total construída. Os valores de Densidade Limite de Potência de Iluminação para as classificações A e D são definidos pelo documento e dependem da função do edifício. Considerando a função como universidade, o valor para classificação A é de 8,7 W/m² e para D, 15,5 W/m² (GOV,2021).

Com os dois consumos apresentados, foi possível determinar o percentual de redução do consumo de iluminação pela Equação 11 e o coeficiente de intervalo para os limites dos níveis de eficiência, pela Equação 12. O coeficiente usado para calcular os intervalos dos níveis de classificação foi de 4.282,80, e os intervalos são detalhados na Quadro 5. A partir do valor da potência instalada total de 11.390 W, o sistema de iluminação também se encaixa no maior nível de eficiência energética, o nível “A”.

Quadro 5 – Limites dos níveis de eficiência energética para classificação do sistema de iluminação pelo método de RTQ-C 2021.

Classificação de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Máximo	-	> 16.438,39	< 20.721,19	< 25.003,99	< 29.286,79
Limite Mínimo	< 16.438,39	≤ 20.721,29	≤ 25.003,99	≤ 29.286,79	-

Fonte: PROCEL, 2020.

O percentual de redução do consumo de iluminação é de 61,11%, que pode ser considerado um valor satisfatório, mas que ainda possibilita melhoria na eficiência energética

do sistema de iluminação. O uso de lâmpadas LED dimerizáveis, capazes de controlar a intensidade da iluminação, e de sensores de presença para acionamento e desligamento de lâmpadas em áreas de permanência transitória pode ainda aumentar o percentual de redução do consumo de iluminação.

Por fim, a classificação geral do bloco da FAEN integra as classificações da envoltória, condicionamento de ar e iluminação como apresentado a seguir.

4.3.4 Classificação geral

Da mesma forma que o método de 2014, após classificar individualmente a envoltória, condicionamento de ar e iluminação, é possível determinar a classificação geral do edifício. Em ambos os documentos (RTQ-C 2014 e 2021) o sistema de aquecimento de água não foi considerado, uma vez que o bloco da FAEN não possui – resultando no consumo total de energia térmica da edificação real nulo, conforme Equação 13. Os fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária foram retirados do site do PBE (PBE, 2022).

O consumo de energia primária total da edificação real, ou seja, considerando a contribuição de geração local por fontes renováveis é de 390.414,30 kWh/ano, com percentual de redução do consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência de 51,40% – esse valor é satisfatório, porém demonstra a possibilidade para a redução do consumo de energia elétrica no edifício.

Considerando que ainda seja preciso resolver o problema do desconforto térmico nas áreas não condicionadas do prédio utilizando-se ventiladores ou sistemas de resfriamento evaporativos, diminuir o fator solar dos vidros das janelas através de cortinas, diminuir a absorvância da parede com pinturas mais claras, manter os condicionadores de ar desligados durante dias com temperaturas amenas ou substituir por ventilação natural ou artificial e aumentar a geração de energia proveniente de energias renováveis a partir da instalação de mais módulos fotovoltaicos, o consumo de energia primária total da edificação real pode ainda ser reduzido.

Considerando um fator de forma entre 0,2 e 0,3, obtido na Tabela 14, o coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para A para edificações educacionais é de 0,31, chega-se na variável “i” para o preenchimento da Tabela 15, obtém-se o Quadro 6. A classificação geral do bloco da FAEN pelo RTQ-C de 2021 encaixa-se no nível “A”, da mesma forma que obtido pelo RTQ-C de 2014.

Quadro 6 – Limites dos intervalos dos níveis de eficiência energética para a classificação geral pelo método de 2021.

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Máximo	-	503083,50	578424,50	653765,50	729106,50
Limite Mínimo	503083,50	578424,50	653765,50	729106,50	-

Fonte: PROCEL, 2020.

Constata-se, sobretudo, que a melhor classificação para o método atual é o “A+”, obtido para edificações nas quais sua produção própria advinda de fontes renováveis é superior a sua demanda anual, ou seja, possuem balanço energético positivo. Os resultados das Equações de 14 a 21, apresentados na Tabela 22, destacam os benefícios da avanços na classificação da edificação utilizando-se o método RTC-C 2021.

Tabela 22 – Resultados da classificação geral do edifício pelo método RTQ-C 2021.

Parâmetro	Valor
C_{EQ} : Consumo de energia elétrica dos equipamentos	148.345,60 kWh/ano
CEE_{real} : Consumo total de energia elétrica da edificação real	244.008,90 kWh/ano
CEE_{ref} : Consumo total de energia elétrica da edificação na condição de referência	445.001,90 kWh/ano
$CE_{P, real}$: Consumo de energia primária da edificação real	346.033,50 kWh/ano
$CE_{T, real}$: Consumo total de energia térmica da edificação real	0 kWh/ano
$CEE_{PT, real}$: Consumo de energia primária total da edificação real	390.414,30 kWh/ano
GEE: Energia gerada por fontes locais de energia renovável	27.738 kWh/ano
f_{c_e} : Fator de conversão de energia elétrica em energia primária	1,6
f_{c_t} : Fator de conversão de energia térmica em energia primária	1,1
i : coeficiente para classificação dos limites dos intervalos	73.573,64
PGE: Percentual de geração de energia elétrica	8,02%
Red_{CP} : Percentual de redução de consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência	51,40%
Classificação	A

Fonte: Elaborada pela autora.

O percentual de geração elétrica segundo a Equação 21 é de 8,02%. Diferente do método RTQ-C de 2014, a classificação geral não pode ser aumentada através de bonificações, todas as ações que influenciam na energia primária já estão sendo contemplados no método de cálculo da classificação geral.

Apesar dos métodos de cálculo mudarem consideravelmente entre as ENCEs de 2014 e 2021, ambos chegaram às mesmas classificações para os sistemas individualmente e de forma geral. O método de 2021, por sua vez, permite verificar a eficiência real e a sua relação com a condição de referência, considerando a análise do percentual de redução do consumo de energia baseados no mesmo edifício como parâmetro.

A partir desses resultados, a edificação não pode ser considerada como uma Edificação de Energia Zero ou uma Edificação de Energia Positiva, por não cumprir os limites dispostos nas Equações 22 e 23. Para a Edificação de Energia Zero a geração de energia elétrica deve ser maior ou igual do que a metade do consumo de energia elétrica e térmica total real da edificação, considerando os fatores de conversão. Para a Edificação de Energia Positiva, por sua vez, considerando-se os fatores de conversão, a geração de energia deve ser igual ou maior que o consumo de energia elétrica e térmica total real da edificação.

A partir das Equações de 24 a 27, são determinadas as produções e reduções nas emissões de CO₂ da edificação em comparação com a edificação na condição de referência, Tabela 23.

Tabela 23 – Resultados da análise das emissões de gás carbônico.

	Parâmetro	Valor
P_{CO_2} :	Percentual de redução das emissões de dióxido de carbono (%)	51,40
$E_{CO_2,real}$:	Emissão total de dióxido de carbono da edificação real (tCO ₂ /ano);	19,46
$E_{CO_2,ref}$:	Emissão total de dióxido de carbono da edificação na condição de referência (tCO ₂ /ano);	40,05

Fonte: própria autoria.

O percentual anual de redução no consumo de água potável não foi possível ser determinado, considerando a falta de dados de consumo anual de água da edificação real. Na Tabela 24 são detalhados os resultados das classificações de cada sistema pelo método de 2014 e 2021.

Tabela 24 – Classificação dos sistemas individualmente e geral pelos métodos ENCE 2014 e 2021.

MÉTODO RTQ-C DE 2014		
Sistema	Pontuação	Classificação
Envoltória	5	A
Iluminação	5	A
Condicionamento de ar	5	A
Geral	5,96	A
MÉTODO RTQ-C 2021		
Sistema	Percentual de redução de consumo	Classificação
Envoltória	25,71 %	A
Iluminação	61,11%	A
Condicionamento de ar	72,12%	A
Geral	51,40%	A

Fonte: Elaborada pela autora.

Por fim, a classificação geral, bem como as individualizadas para a envoltória, iluminação e condicionamento de ar são iguais ao nível “A”, para a ENCE 2014 e 2021. Por outro lado, a indicação da redução da energia primária entre a edificação real e a condição de referência igual a 51,40%, para a avaliação geral e de 25,71%, 61,11% e 72,12% para a envoltória, iluminação e condicionamento de ar, respectivamente, mostra-se como um avanço na metodologia de avaliação da ENCE Edificação atual.

Agora, o novo método, mais detalhado e explicativo, permite a comparação de diferentes edificações, ainda que com o mesmo nível de classificação, impulsionando a concorrência pela eficiência e valorando os investimentos em materiais, metodologias construtivas e equipamentos. Nesta nova abordagem, ao se comprar ou vender um imóvel, a eficiência energética fica quantificada e qualificada e, então, justificados os custos envolvidos em um processo de concorrência e clareza de informações certificadas.

5 CONCLUSÃO

A partir da análise dos projetos arquitetônicos, de climatização e elétrico do bloco da FAEN da UFGD, a classificação da envoltória, do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar e geral pôde ser realizada utilizando-se os métodos da ENCE Edificação de 2014 e 2021.

Pelo primeiro método a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar obtiveram níveis “A”, resultando em uma classificação geral também nível “A”. A ENCE 2014 obteve pontuação geral igual a 5,96, considerando 1 ponto de bonificação pelo sistema fotovoltaico gerar mais do que 10% da energia consumida.

No método de 2021, por sua vez, a classificação é feita por meio da comparação dos valores da edificação real com a mesma edificação utilizando parâmetros de referência de baixa eficiência. A classificação da envoltória através do consumo de energia primária também foi nível “A”, com redução de carga térmica total anual em 25,71%. A baixa redução de carga anual da envoltória deve-se ao desconforto térmico do edifício em ambientes não condicionados e ao alto fator solar dos vidros, que não possuem nenhuma proteção para a radiação solar. A porcentagem obtida pode ainda ter sido influenciada pelas considerações relacionadas à estimativa da densidade de potência dos equipamentos estimadas, uma vez que, como o bloco ainda não se encontra em funcionamento, não há consumos reais.

A classificação do sistema de iluminação permaneceu em nível “A”, assim como na ENCE 2014, bem como o sistema de condicionamento de ar. Nesse método, o coeficiente de performance e a densidade de potência de iluminação ganharam destaque nos cálculos dos sistemas de condicionamento de ar e iluminação, respectivamente. A redução do consumo de iluminação foi de 61,11% e, de consumo para refrigeração, 72,12%. Conclui-se que o prédio da FAEN possui elevada performance quanto a eficiência energética em seu projeto, materiais e equipamentos utilizados, uma vez que utiliza lâmpadas de LED e condicionadores de ar split com Variação do Fluxo do Fluido Refrigerante (VRF).

Outrossim, os sistemas existentes podem ainda ser otimizados através da substituição das lâmpadas LED normais por lâmpadas LED dimerizáveis com sensores de iluminação, adição de sistemas de desligamento de iluminação automático em áreas de permanência

transitória, redução do uso dos condicionadores de ar utilizando-se ventiladores ou sistemas de resfriamento evaporativo em dias mais frescos.

Por fim, a classificação geral também não foi alterada entre os métodos 2014 e 2021, permanecendo no nível “A”, com percentual de redução de consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência igual a 51,40%, e redução da emissão de dióxido de carbono com mesma porcentagem.

Com base nos resultados obtidos, observou-se que a metodologia utilizada pela ENCE 2021 se mostra mais criteriosa e próximo da realidade do que o método de 2014. A disponibilização de outras informações como redução de emissão de dióxido de carbono, reutilização de água e possibilidade da identificação como Edifício de Energia Zero ou Positiva torna a classificação em vigor mais abrangente. Estas novas informações, por sua vez, estimulam os construtores, compradores e vendedores buscar por edificações com melhor classificação, uma vez que possibilita quantificar e qualificar as escolhas de projetos, materiais e equipamentos considerando o consumo energético da edificação.

Um edifício com elevada porcentagem de redução de energia trará economia, sustentabilidade e autonomia energética – considerando ainda a geração local e a utilização de fontes renováveis. Assim, somado ao aumento da eficiência energética definido pela redução dos consumos, mesmo para uma classificação nível “A”, a edificação pode acrescentar o reconhecimento de Edificação de Energia Zero ou Positiva, com aproveitamento do telhado e solo ao seu entorno para complementar os painéis solares, suprir toda o consumo de energia e, assim, tornar-se “A+”.

Por fim, para trabalhos futuros, sugere-se a análise das ENCEs 2014 e 2021 por simulação, uma vez que este método é mais sensível e criterioso do que o método prescritivo. Também pode ser realizada, por método prescritivo ou por simulação, a classificação do prédio a partir de outras condições e fatores ainda não considerados, tais como a reutilização da água, outras tecnologias de construção e equipamentos e a utilização de dados reais de consumo com entrada da edificação em atividade.

Entende-se, ainda, que o crescimento de referências sobre o tema pode possibilitar a comparação entre edificações diferentes e a obrigatoriedade das ENCEs utilizando o RTQ-C 2021 nos imóveis pode estimular o mercado imobiliário à busca pelo aumento da eficiência energética das edificações, reduzir o crescimento da demanda por novas usinas de geração de energia e, conseqüentemente, trazer ganho à sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABESCO, 2016. **ISO 50001 – Gestão de Energia**. Disponível em <<http://www.abesco.com.br/pt/iso-50001-gestao-de-energia/>> Acedido em 06 de Junho de 2021.
- ABIVIDRO, 2016. **Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações**. Disponível em <https://abividro.org.br/wp-content/uploads/2019/01/Abividro_Manual_Tecnico-do-Vidro_Plano_Edificacoes.pdf> Acesso em 30 de Março de 2022.
- ALLIPRANDINI, C. M., 2018. **Retrofit Energético de um Edifício Educacional Brasileiro para Transformá-lo em um Edifício Energia Zero**. Dissertação para pós-graduação, UNIFEI. Disponível em <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1837/dissertacao_2018148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acedido em 24 de Abril de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005. **NBR 15220-1: Desempenho Térmico de Edificações**, 1ª Ed., Rio de Janeiro.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2021. **Matriz Energética Elétrica**. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.
- BIASOTTO, E., **Entrevista Concedida Sobre a História da Concepção do Bloco da FAEN**. Maio, 2022.
- BRITISH PETROLEUM, 2020. **Energy Outlook 2020**. Acedido em 26 de Maio de 2021.
- CENTRAL AR, 2022. **Ar condicionado split Hi Wall Inverter**. Disponível em <<https://www.centralar.com.br/p/ar-condicionado-split-hw-inverter-neo-agratto-24000-btus-quentefrio-220v-monofasico-ics24qf-r4-02>>. Acesso em 01 de Junho de 2022.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2018. **Projeto Cidades Eficientes**. Disponível em <http://cidadeseficientes.cbcs.org.br/wp-content/uploads/pdf/Analise-Projeto_FLP.pdf>. Acesso em 30 de Março de 2022.
- CORNET, M. C., 2009. **Recomendações para Especificação de Vidros em Edificações Comerciais na Região Climática de Porto Alegre – RS**. Dissertação de Mestrado, UFSM. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7734/CORNETET%2C%20MARIANGELA%20CONTE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 31 de Março de 2022.
- ELETROBRAS, 2020. **Procel**. Disponível em <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx>> Acedido em 26 de Maio de 2021.

ELETROBRAS, 2014. **Diretrizes para Obtenção da Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas.** Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual-A.pdf>> Acedido em 26 de Maio de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020, **Expansão da Geração.** Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>> Acedido em 01 de Junho de 2021

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020, **Fontes de Energia.** Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>> Acedido em 01 de Junho de 2021

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020, **Matriz Energética e Elétrica.** Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acedido em 01 de Junho de 2021

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016, **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear.** Disponível <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-173/Energia%20Termel%C3%A9trica%20-%20Online%2013maio2016.pdf>> Acedido em 01 de Junho de 2021

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020. **Matriz Energética e Elétrica.** Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acedido em 01 de Junho de 2021.

FERREIRA, P. H. F., BRAGA, I. F. C. M., PINHEIRO, K. A., GOMES, I. D. C., CANTO, S. A. E., GUERRA, D. R. S., 2016. **Avaliação da Eficiência da Prédio de Engenharia Mecânica da UFPA Utilizando o Método Prescritivo Determinado pelo RTQ-C.** Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2016. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/316721471_Avaliacao_da_Eficiencia_Energetica_do_Predio_de_Engenharia_Mecanica_da_UFPA_Utilizando_o_Metodo_Prescritivo_Determinado_pelo_RTQ-C>. Acedido em 24 de Abril de 2022.

GONÇALVES, L. R., **Avaliação do Impacto Ambiental na Atividade Mineradora do Carvão e da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga,** Trabalho de Conclusão de Curso, UFSC, Florianópolis, 2008.

GOVERNO BRASILEIRO, 2021. **Portaria N° 42, de 24 de Fevereiro de 2021.** Disponível em <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-42-de-24-de-fevereiro-de-2021-307486285>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

GOVERNO BRASILEIRO, 2022. **Tabelas de Eficiência Energética.** Disponível em <<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

INCROPERA, F.P., BERGMAN, T.L., DEWITT, D.P., 2008. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa,** 6ª ed., Editora LTC, Rio de Janeiro – RJ.

INTERNATIONAL COPPER ASSOCIATION BRAZIL, 2017. **Guia para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 50001 – Gestão de Energia.** Disponível em <<http://www.abrinstal.org.br>>. Acedido em 26 de Maio de 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018. **Data and Statistics**. Disponível em <<https://www.iea.org/data-and-statistics>> Acedido em 26 de Maio de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2020. **O Que É Eficiência Energética?** Disponível em <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia> Acedido em 26 de Maio de 2021.

LABREEEN, 2017. **Atlas Brasileiro De Energia Solar**. <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html> Acedido em 06 de Junho de 2021.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2022. **Novo Método de Avaliação Energética de Edificações com Base em Energia Primária**. Disponível em <<https://labeee.ufsc.br/novo-metodo-avaliacao-cb3e#:~:text=A%20nova%20etiqueta%20foi%20planejada,sistemas%20que%20promovem%20a%20redu%C3%A7%C3%A3o>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2010. **Casa Eficiente, Volume 1**. Disponível em <<https://labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2010. **Casa Eficiente, Volume 2**. Disponível em <<https://labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

LIMA, B. W. F. **Geração Distribuída Aplicada à Edificações: Edifícios de Energia Zero e o Caso do Laboratório de Ensino da FEC – UNICAMP**. CAMPINAS, SP; UNICAMP, 2012.

MARTINS, S. S., SILVA, M. P., AZEVEDO, M. O., SILVA, V. P., **Produção de Petróleo e Impactos Ambientais: Algumas Considerações**, HOLOS, 2015.

MEDEIROS, H. G., 2022. **Método Simplificado De Avaliação De Conforto Térmico Para Ambientes Ventilados Naturalmente Ou Híbridos Do INI-C: Desempenho e Limitações**. Dissertação para aprovação em mestrado, UFMG.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020. **2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2020-2024**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em <http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/NT%202%C2%AA%20Revis%C3%A3o%20Quadrimestral%202020_final.pdf>. Acedido em 26 de Maio de 2021.

MONITOREE, 2018. **Eficiência Energética no Brasil**. <<https://monitoree.org.br/ee-no-brasil#:~:text=CONPET%20no%20Transporte%20%2D%20Programa%20Nacional,diesel%20em%20%C3%B4nibus%20e%20caminh%C3%B5es.>>> Acedido em 06 de Junho de 2021.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014. **Manual para Aplicação do RTQ-C Comercial, de Serviço e Público, Versão 4.1**. Disponível em <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual-rtqc_V4.pdf> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2020. **Fatores de Energia Primária e de Emissões de Dióxido de Carbono**. Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/node/134>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014. **Eficiência Condicionadores de Ar Split Hi-Wall**. Disponível em <<https://pdf.webarcondicionado.com.br/tabela-procel/2014/tp-ar-condicionado-split-hi-wall-2014.pdf>> Acedido em 26 de Fevereiro de 2022.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **Interface do Metamodelo INI-C**. Disponível em <http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html#> Acedido em 26 de Março de 2022.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **Natural Comfort**. Disponível em <<http://pbeedifica.com.br/naturalcomfort/>>. Acedido em 26 de Março de 2022.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2022. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas Vidros**. Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/anexos-rac>> Acedido em 30 de Março de 2022.

PROGRAMA BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020. **Selo Procel**. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BB70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA%7D>>. Acedido em 06 de Junho de 2021.

PROJETO CLIMA, 2016. **Sistemas VRF/VRV**. Disponível em <<https://projetoclima.com.br/produtos/sistemas-vrf-vrv/>>. Acedido em 24 de abril de 2022.

QUINTELA, L. B. T., LIMA, A. C. **Análise dos benefícios da implantação de uma usina fotovoltaica na Universidade Federal da Grande Dourados**. I CERES 2020: Congresso Nacional de Energias Renováveis, Exergia e Sustentabilidade, 03-05 junho 2020. Natal-RN.

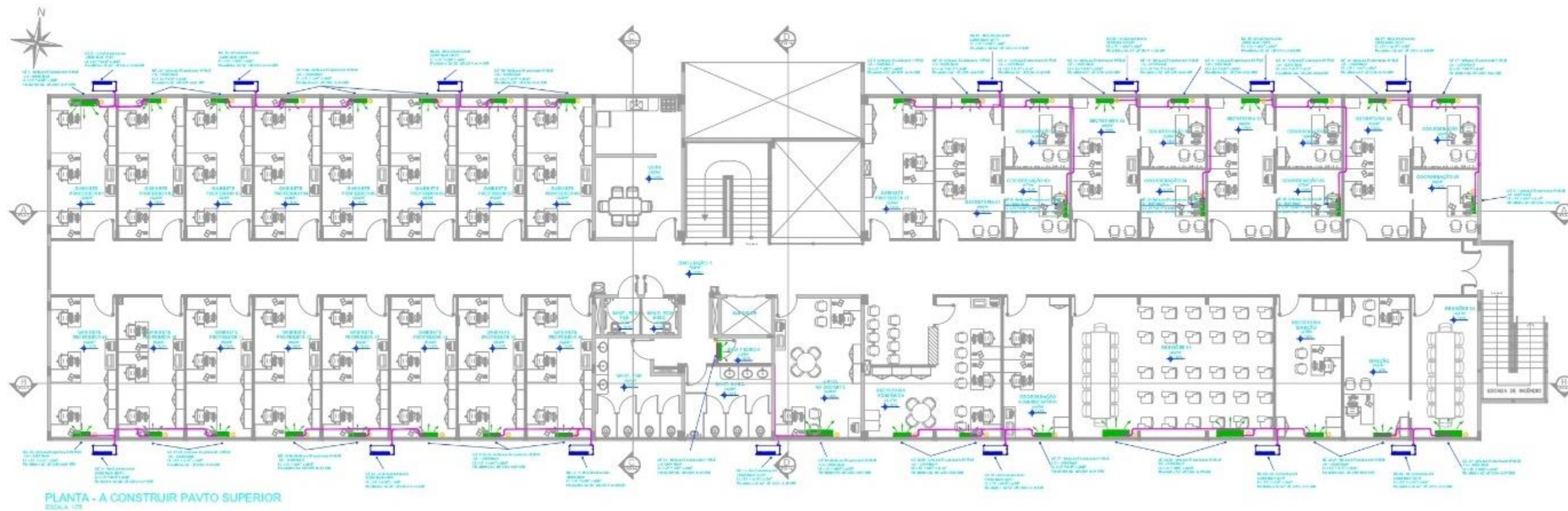
RÜTHER, R., 2004. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. Disponível em <<https://labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>>. Acedido em 01 de Junho de 2021

SOUSA, R., 2021. **Sustentabilidade**. Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/educacao/sustentabilidade.htm> > Acedido em 26 de Maio de 2021.

SIRTULI, B.P, DIAS, R. H. M. P., RODRIGUES, E. A. N., 2022. **Eficiência Energética da Envoltória de Edifícios Históricos: Métodos RTQ-C e INI-C**. Periódicos UNICAMP, publicado em 18 de Janeiro de 2022.

VOBI, 2021. **Iluminação Zenital: Valorize o seu projeto com mais Iluminação Natural e Menos Consumo de Energia**. Disponível em <<https://www.vobi.com.br/vobi-design/iluminacao-zenital>>. Acedido em 01 de Junho de 2022.

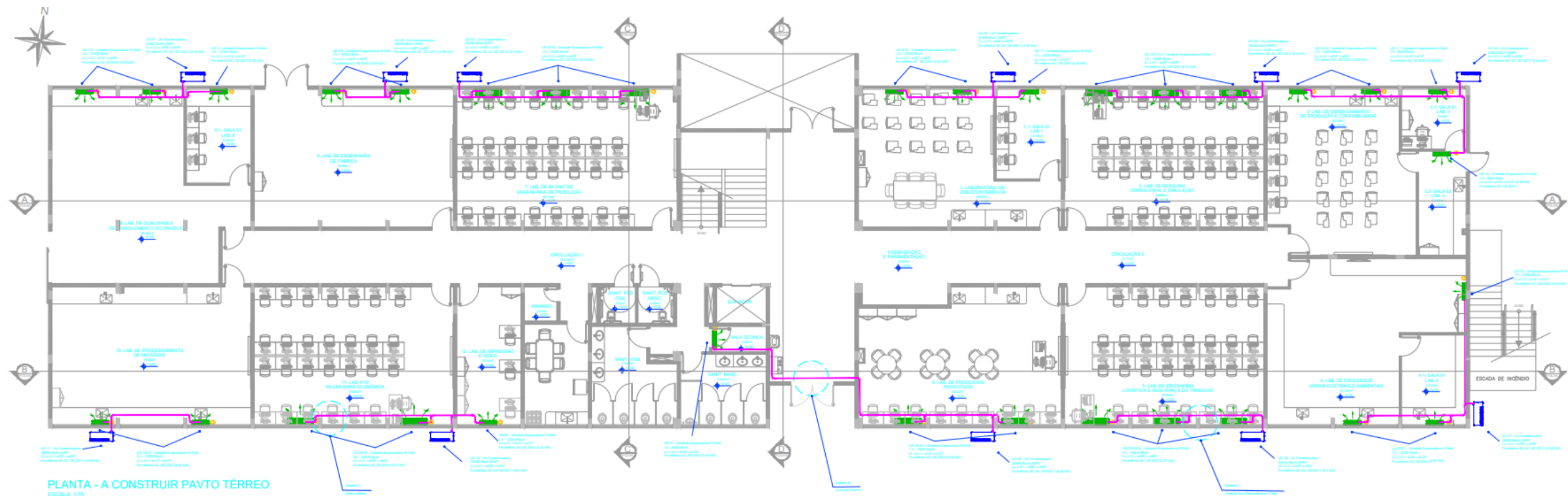
APÊNDICE A – PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DO PAVIMENTO SUPERIOR DO BLOCO FAEN



PLANTA - A CONSTRUIR PAVTO SUPERIOR
ESCALA 1:75

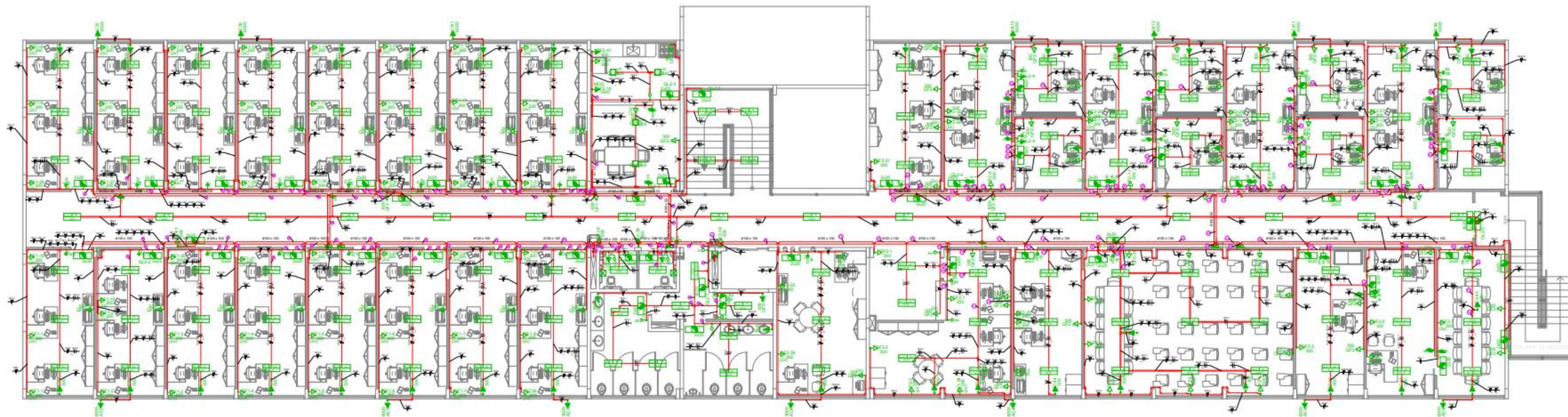
Fonte: UFGD, 2019.

APÊNDICE B – PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO DO PAVIMENTO TÉRREO DO BLOCO FAEN



Fonte: UFGD, 2019.

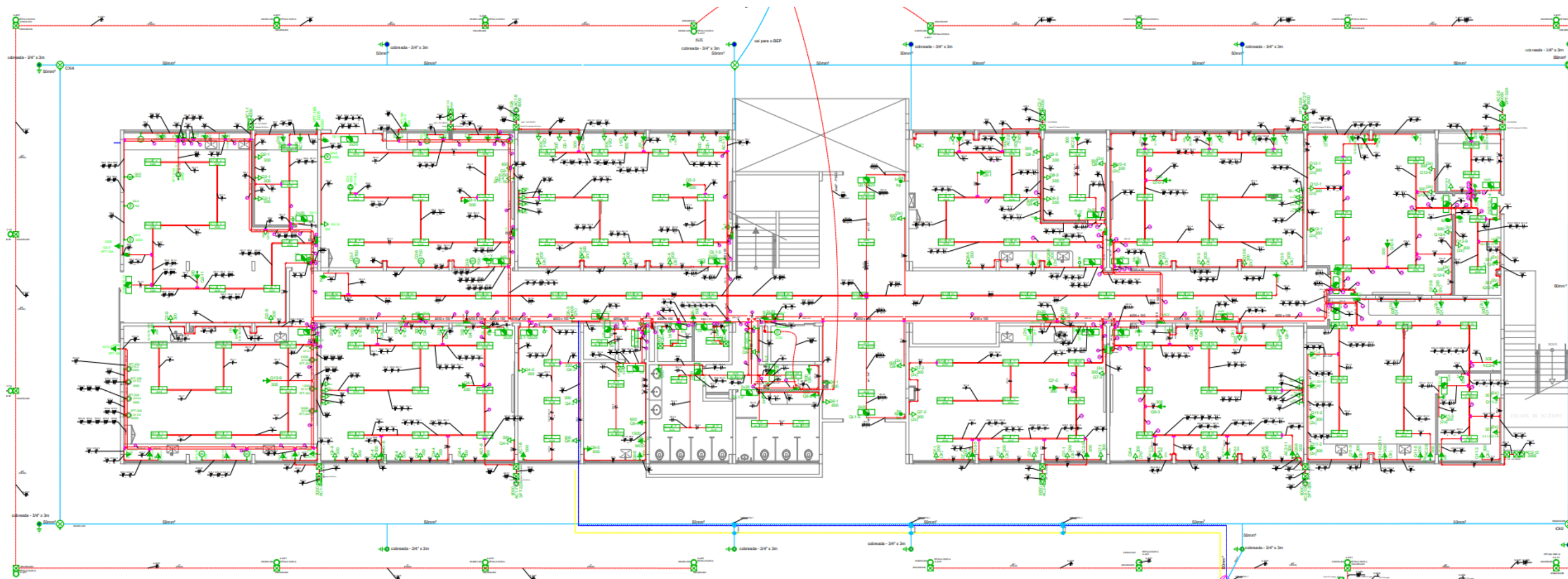
APÊNDICE C – PROJETO ELÉTRICO DO PAVIMENTO SUPERIOR DO BLOCO FAEN



NOTA:

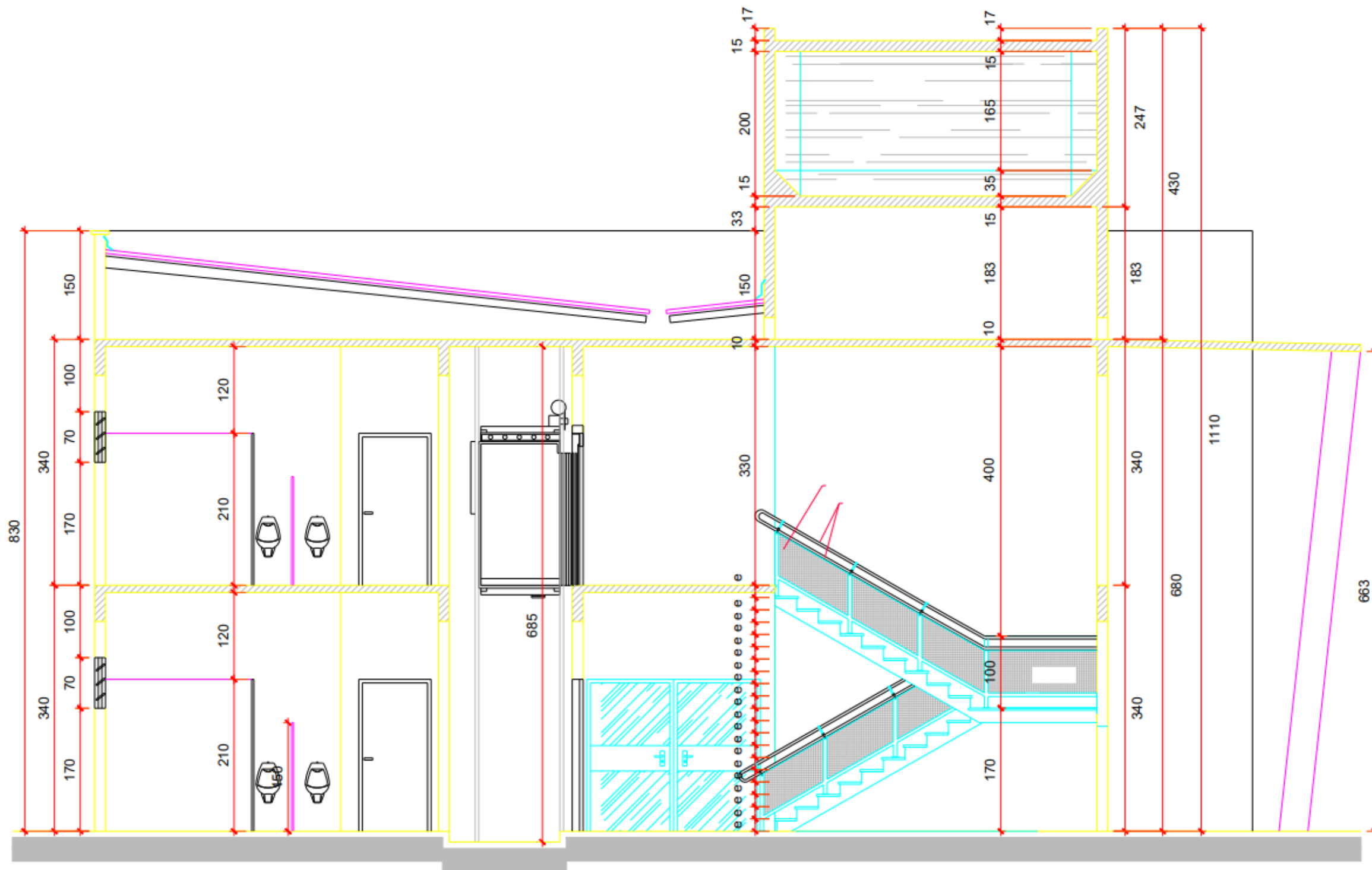
Fonte: UFGD, 2019.

APÊNDICE D – PROJETO ELÉTRICO DO PAVIMENTO TÉRREO DO BLOCO DA FAEN



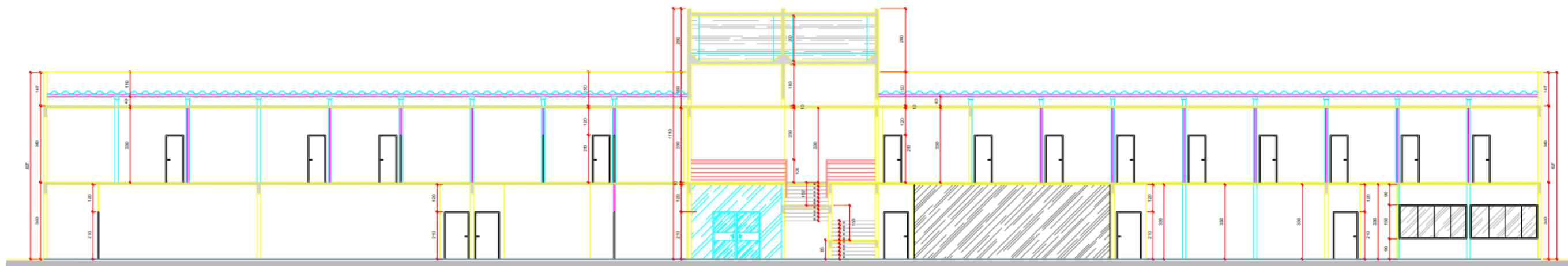
Fonte: UFGD, 2019.

APÊNDICE E – CORTE TRANSVERSAL DO BLOCO DA FAEN



Fonte: UFGD, 2019.

APÊNDICE F – CORTE LONGITUDINAL DO BLOCO DA FAEN



Fonte: UFGD, 2019.