



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

BIANCA BEATRIZ SILVA CORRÊA

DM 20/2025

**DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: DIAGNÓSTICO E
TRANSFORMAÇÃO EM EDIFICAÇÃO DE ENERGIA QUASE ZERO**

**BELÉM - PARÁ
2025**

BIANCA BEATRIZ SILVA CORRÊA

DM 20 /2025

**DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: DIAGNÓSTICO E
TRANSFORMAÇÃO EM EDIFICAÇÃO DE ENERGIA QUASE ZERO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica na Área de Sistemas de Energia Elétrica.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Maria Emília de Lima Tostes

BELÉM – PA

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

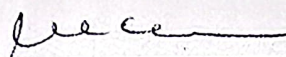
“DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: DIAGNÓSTICO E TRANSFORMAÇÃO EM EDIFICAÇÃO DE ENERGIA QUASE ZERO”

AUTOR: BIANCA BEATRIZ SILVA CORREA

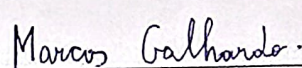
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, SENDO JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA ELÉTRICA NA ÁREA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA.

APROVADA EM: 18/07/2025

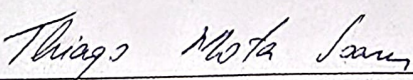
BANCA EXAMINADORA:



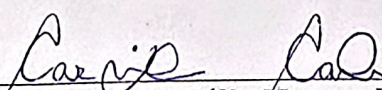
Prof.ª Dr.ª Maria Emília de Lima Tostes
(Orientadora - PPGEE/ITEC/UFPA)



Prof. Dr. Marcos André Barros Galhardo
(Avaliador Interno - PPGEE/ITEC/UFPA)



Prof. Dr. Thiago Mota Soares
(Avaliador Interno - PPGEE/ITEC/UFPA)



Prof.ª Dr.ª Carminda Célia Moura de Moura Carvalho
(Avaliadora Externa ao Programa - FEED/UFPA)

VISTO:

Prof. Dr. Diego Lisboa Cardoso
(Coordenador do PPGEE/ITEC/UFPA)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Corrêa, Bianca Beatriz Silva.
DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES
PÚBLICAS: DIAGNÓSTICO E TRANSFORMAÇÃO EM
EDIFICAÇÃO DE ENERGIA QUASE ZERO / Bianca Beatriz
Silva Corrêa. — 2025.
93 f.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Maria Emília de Lima Tostes
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica, Belém, 2025.

1. Simulação Termoenergética. 2. Edificação de Energia
Quase Zero (NZEB). 3. Objetivos de Desenvolvimento
Sustentável (ODS). 4. Energia Solar Fotovoltaica. 5. Medidas
de Eficiência Energética. I. Título.

CDD 621.3191

Dedico esse trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre interveio na minha vida, me abençoando com saúde e me sustentado até hoje por Sua graça.

Aos meus pais, Augusto e Raquiline Corrêa, que nunca mediram esforços para me proporcionar o melhor e estiveram ao meu lado em todas as fases da minha vida. À minha irmã Letícia Yasmin, que me ouviu e me acompanhou todos esses anos. À minha avó Delmê Silva, que sempre cuidou de mim com carinho e zelo.

Ao meu noivo, Klayton Marcondes, que esteve ao meu lado, me apoiando e ajudando em tudo o que estava ao seu alcance. Agradeço por cada momento.

Aos membros da banca, pela gentileza em aceitar o convite, pelas valiosas contribuições a este trabalho, pelos conselhos e pela orientação, que tanto enriqueceram meu aprendizado.

Agradeço, também, a todos os amigos, professores, pesquisadores e colaboradores do CEAMAZON, que foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa e a concretização deste trabalho.

À minha orientadora, Prof^ª Dr^ª Maria Emília de Lima Tostes, que me proporcionou todo o suporte necessário para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos que, mesmo não mencionados, participaram da minha formação profissional e pessoal.

"A felicidade só é verdadeira quando compartilhada."
(Henry David Thoreau)

RESUMO

O desenvolvimento sustentável busca o equilíbrio ambiental, econômico e social de forma que sejam satisfeitas as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Ações visando o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) permitem promover mudanças estruturais significativas. Nesse contexto, o setor de edificações assume um papel de protagonismo, sendo responsável por uma parcela expressiva do consumo de energia final no país. Tendo em vista esse cenário surge a necessidade de implementar ações de eficiência energética para redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental em edificações. A etiquetagem através do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE EDIFICA) é uma das medidas utilizadas para se atingir níveis de eficiência em edificações, além disso, Edificação de Energia Quase Zero (NZEB) surge como uma promissora estratégia para acelerar a descarbonização do setor, alinhando-se diretamente às metas climáticas nacionais e globais. A presente dissertação dedica-se à análise de uma edificação pública para a classificação do nível de eficiência energética, empregando o método de simulação termoenergética baseado na INI-C de 2022. Após o direcionamento das Medidas de Eficiência Energética (MEE), é abordado o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, para suprimento da demanda restante, com o propósito de converter a edificação em uma NZEB. A implementação das MEE's possibilitou a redução do consumo anual em 56,74% (161.415,99 kWh) comparando com a edificação real. O sistema fotovoltaico possibilitou a redução em 100% da demanda anual restante com um sistema de 154,33 kWp. As MEE's possibilitaram tanto a redução do consumo anual quanto aumento do conforto dentro da edificação. Dessa forma, a abordagem contribui diretamente para os ODS 7 (Energia limpa e acessível), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e 13 (Ação contra a mudança global do clima)

Palavras Chaves: Simulação Termoenergética; Edificação de Energia Quase Zero (NZEB); Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); Energia Solar Fotovoltaica; Medidas de Eficiência Energética.

ABSTRACT

Sustainable development seeks to balance environmental, economic, and social factors in a way that meets present needs without compromising the ability of future generations to meet their own. Actions aimed at achieving the Sustainable Development Goals (SDGs) enable the promotion of significant structural changes. In this context, the building sector plays a leading role, being responsible for a significant share of final energy consumption in the country. In view of this scenario, it becomes necessary to implement energy efficiency measures to reduce energy consumption and improve environmental comfort in buildings. Energy labeling through the Brazilian Labeling Program for Buildings (PBE Edifica) is one of the strategies used to achieve efficiency levels in buildings. Additionally, the Nearly Zero Energy Building (NZEB) concept emerges as a promising strategy to accelerate the decarbonization of the sector, directly aligning with national and global climate goals. This dissertation focuses on the analysis of a public building to classify its energy efficiency level, using the thermal-energy simulation method based on INI-C 2022. After identifying appropriate Energy Efficiency Measures (EEMs), the design of a photovoltaic system is addressed to supply the remaining energy demand, with the goal of converting the building into an NZEB. The implementation of the EEMs resulted in a 56.74% reduction in annual energy consumption (161,415.99 kWh) compared to the actual building. The photovoltaic system enabled a 100% reduction of the remaining annual demand with a 154.33 kWp system. The EEMs contributed not only to reduced annual consumption but also to improved indoor comfort. Thus, this approach directly supports SDGs 7 (Affordable and Clean Energy), 11 (Sustainable Cities and Communities), and 13 (Climate Action).

Keywords: Thermal-Energy Simulation; Nearly Zero Energy Building (NZEB); Sustainable Development Goals (SDGs); Photovoltaic Solar Energy; Energy Efficiency Measures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Ficha de levantamento de esquadrias.....	29
Figura 3.2 - Ficha de levantamento do sistema de iluminação.....	29
Figura 3.3 - Etapas da simulação em cada software.....	33
Figura 3.4 - Modelagem SketchUp do Bloco 1.....	33
Figura 3.5 - Modelagem SketchUp do Bloco 2.....	34
Figura 3.6 - Modelagem SketchUp do Bloco 3.....	34
Figura 3.7 - Modelagem SketchUp do Bloco 4.....	34
Figura 3.8 - Zonas térmicas do Bloco 1.....	35
Figura 3.9 - Interface do <i>OpenStudio</i>	35
Figura 3.10 - Interface de incursão dos schedules do <i>OpenStudio</i>	36
Figura 3.11 - Interface do <i>EnergyPlus</i>	37
Figura 3.12 - Critérios de classificação de NZEB.....	44
Figura 4.1 - Entrada principal do prédio LEECT-BIO.....	46
Figura 4.2 - Implantação e orientação do edifício.....	47
Figura 4.3 - Visão aérea do LEECT-BIO com os blocos delimitados.....	48
Figura 4.4 - Esquadrias identificadas no LEECT-BIO.....	49
Figura 4.5 - Exemplos de aparelhos de condicionamento de ar do LEECT-BIO.....	57
Figura 4.6 - Modelo de ENCE encontrado no LEECT-BIO.....	58
Tabela 5.1 - Distribuição dos módulos fotovoltaicos nos Blocos 3 e 4.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Matriz de Relação entre Tecnologias NZEB e Metas Específicas dos ODS 7, 11 e 13.....	27
Tabela 3.1 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética da envoltória.....	38
Tabela 3.2 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de iluminação.....	39
Tabela 3.3 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.....	41
Tabela 3.4 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética geral da edificação.....	42
Tabela 4.1 - Materiais construtivos LEECT-BIO.....	50
Tabela 4.2 - Valores de referência para o sistema de iluminação.....	51
Tabela 4.3 - Tipologia dos blocos e valores de referência LEECT-BIO.....	52
Tabela 4.4 - Lâmpadas que compõem o sistema de iluminação do LEECT-BIO.....	52
Tabela 4.5 - Comparação de potência instalada por tipo de lâmpada.....	55
Tabela 4.6 - Eficiência mínima exigida para classificação de aparelhos de condicionamento de ar.....	58
Tabela 5.1 - Distribuição da carga térmica anual no modelo REAL e de REFERÊNCIA do LEECT-BIO.....	60
Tabela 5.2 - Dados para determinar a classificação de eficiência energética da envoltória.....	61
Tabela 5.3 - Intervalos de classificação da envoltória do LEECT-BIO.....	61
Tabela 5.4 - Redução da carga térmica do LEECT-BIO REAL.....	61
Tabela 5.5 - Consumo do sistema de iluminação nas condições do modelo REAL e de REFERÊNCIA do LEECT-BIO.....	62
Tabela 5.6 - Intervalos de classificação do sistema de iluminação do LEECT-BIO.....	62
Tabela 5.7 - Redução de consumo do sistema de iluminação do LEECT-BIO REAL.....	62
Tabela 5.8 - Consumo do sistema de condicionamento de ar no modelo REAL e de REFERÊNCIA do LEECT-BIO REAL.....	63
Tabela 5.9 - Intervalos de classificação do sistema de condicionamento de ar do LEECT-BIO.....	63
Tabela 5.10 - Redução de consumo do sistema de condicionamento de ar do LEECT-BIO REAL.....	63

Tabela 5.11 - Intervalos de classificação do consumo de energia primária do LEEC-BIO.....	64
Tabela 5.12 - Classificação geral do LEEC-BIO REAL.....	64
Tabela 5.13 - Medidas de eficiência proposta para cada bloco do LEEC-BIO.....	66
Tabela 5.14 - Distribuição da carga térmica anual no modelo REAL e PROPOSTO do LEECT-BIO.....	67
Tabela 5.15 - Consumo de energia primária geral dos sistemas em kWh/ano por bloco do LEECT-BIO.....	68
Tabela 5.16 - Classificação geral da edificação no caso proposto.....	68
Tabela 5.17 - Materiais construtivos LEECT-BIO.....	69
Tabela 5.18 - Características técnicas do gerador.....	69
Tabela 5.19 - Características técnicas do inversor.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CgTT	Carga Térmica Anual Total.
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para Edificações Residenciais.
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NBR15.575	Norma de Desempenho.
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem.
PROCEL	Programa Brasileiro de Conservação de Energia Elétrica
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações
SFV	Sistema Fotovoltaico.
Tomáx	Temperaturas Operativas anuais máxima.
Tomín	Temperaturas Operativas anuais mínima.
UFPA	Universidade Federal do Pará.
ZB8	Zona Bioclimática 8.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Contextualização.....	14
1.2 Motivação.....	16
1.3 Objetivos.....	16
<i>1.3.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>17</i>
1.4 Organização da dissertação.....	17
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Considerações iniciais.....	19
2.2 Eficiência energética em edificações	19
2.3 Regulamentação	21
2.4 Medidas de eficiência energética.....	23
<i>2.4.1. Medidas de Eficiência Energética para a Envoltória</i>	<i>23</i>
<i>2.4.2. Medidas de Eficiência Energética para Sistemas de Iluminação</i>	<i>24</i>
<i>2.4.3. Medidas de Eficiência Energética para Sistemas de Climatização</i>	<i>25</i>
<i>2.4.4. Geração de Energia Renovável Integrada.....</i>	<i>25</i>
2.5 Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB).....	25
2.6 NZEB e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	26
2.7 Considerações Finais.....	27
3. METODOLOGIA.....	28
3.1 Considerações iniciais.....	28
3.2 Procedimentos e Ferramentas de Coleta.....	28
3.3 Sistemas avaliados.....	29
<i>3.3.1. Sistema da Envoltória</i>	<i>29</i>
<i>3.3.2. Sistema de Iluminação.....</i>	<i>30</i>
<i>3.3.3. Sistema de Condicionamento de Ar.....</i>	<i>30</i>
<i>3.4.4. Tratamento e Análise dos Dados</i>	<i>31</i>
3.4 Avaliação da eficiência energética.....	31
<i>3.4.1. Tratamento e Análise dos Dados.....</i>	<i>31</i>
<i>3.4.2. Simulação termoenergética.....</i>	<i>33</i>
3.5 Avaliação de Eficiência energética.....	37
<i>3.5.1. Avaliação dos sistemas.....</i>	<i>37</i>
<i>3.5.2. Avaliação de Eficiência energética da envoltória.....</i>	<i>38</i>
<i>3.5.3. Avaliação de Eficiência energética do sistema de iluminação.....</i>	<i>39</i>
<i>3.5.4. Avaliação de Eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.....</i>	<i>40</i>
<i>3.5.5. Avaliação de Eficiência energética geral da edificação.....</i>	<i>41</i>

3.6 Dimensionamento Fotovoltaico.....	42
3.7 Edificações de Energia Quase Zero (NZEBS).....	44
3.8 Considerações finais.....	45
4. LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, DA COMPUTAÇÃO, DE TELECOMUNICAÇÕES E BIOMÉDICA (LEECT-BIO).....	46
4.1 Considerações iniciais.....	46
4.2 Apresentação do estudo de caso.....	46
4.3 Envoltória.....	48
4.4 Sistema de iluminação.....	52
4.5 Sistema de condicionamento de ar.....	56
4.6 Considerações finais.....	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
5.1 Classificação de eficiência energética dos sistemas.....	60
5.2 Medidas de eficiência energéticas.....	64
5.3 Obtenção da classificação de NZEB.....	68
6. CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	72
TRABALHOS PUBLICADOS.....	79
ANEXO 1.....	80
ANEXO 2.....	85
ANEXO 3.....	87
ANEXO 4.....	90

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O desenvolvimento sustentável busca o equilíbrio ambiental, econômico e social de forma que sejam satisfeitas as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades (WCED, 1987). Essa definição tornou-se referência mundial e influenciou a formulação de políticas públicas e ações voltadas à responsabilidade socioambiental.

No Brasil, o conceito de sustentabilidade foi incorporado de forma mais efetiva a partir dos anos 1990, especialmente após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92. Este evento representou um marco na incorporação da agenda ambiental às políticas públicas brasileiras e impulsionou a criação de mecanismos institucionais para promover o desenvolvimento sustentável no país (Dourado & Marques, 2023). Dentre as consequências desse período, destacam-se a Agenda 21 brasileira e a formulação de estratégias de sustentabilidade em níveis nacional e local.

Além disso, é fundamental no Brasil a sustentabilidade estar ligada à questão da justiça social. Em um país marcado por profundas desigualdades sociais e econômicas, não há como promover a sustentabilidade sem considerar a inclusão social e a equidade no acesso a recursos e oportunidades (Silva & Teixeira, 2019). Dessa forma, os princípios da sustentabilidade devem orientar não apenas políticas ambientais, mas também ações de desenvolvimento urbano, educação, saúde e infraestrutura.

A partir da Constituição Federal de 1988, que introduziu a proteção ao meio ambiente como um direito de todos e um dever do poder público, ampliaram-se as bases legais para a implementação de políticas sustentáveis. Essa diretriz constitucional foi fortalecida por uma série de legislações, como a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) e a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/09), que colocam a sustentabilidade no centro das estratégias de desenvolvimento (Brasil, 1981; Brasil, 2009).

Nesse contexto, o setor de edificações assume um papel de protagonismo, sendo responsável por uma parcela significativa do consumo de energia final no país (EPE, 2023). Edifícios públicos, em particular, representam um campo estratégico para a implementação de políticas de eficiência energética, não apenas pelo potencial de redução do consumo e dos gastos públicos, mas também por seu caráter exemplar para a sociedade.

Nessa perspectiva, os estudos de Lamberts *et al.* (2014) sobre a eficiência energética em edificações são referenciais ao demonstrar como práticas de projeto e avaliação térmica podem reduzir o consumo energético e melhorar o conforto ambiental de edificações em fase de projeto e existentes.

A Instrução Normativa do Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), estabelecida pela portaria nº 309, de 6 de setembro de 2022, é a principal metodologia brasileira para avaliar e certificar o desempenho energético de edifícios não residenciais. Integrante do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica), a INI-C representa uma evolução do antigo Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C), aumentando a exigência acerca do nível de eficiência energética e apresentando mais dados de referência que o texto anterior (Guedes, 2020).

O objetivo da certificação é fornecer uma classificação clara sobre o consumo de energia de um edifício, incentivando projetos mais inteligentes e a modernização de construções existentes. A avaliação resulta na concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que classifica o imóvel em uma escala de "A" (mais eficiente) a "E" (menos eficiente) (INI-C, 2022).

Segundo a IN nº 2/2014 para edifícios públicos federais novos ou que passem por grandes reformas, a obtenção da Etiqueta ENCE nível "A" é obrigatória, posicionando o governo como um indutor de boas práticas no setor da construção civil (Brasil, 2014).

A normativa apresenta a definição de Edificação de Energia Quase Zero (NZEB) como uma "edificação energeticamente eficiente cuja geração de energia renovável produzida nos limites da edificação ou do lote em que a edificação está inserida supre 50% ou mais de sua demanda anual de energia". Este limiar de 50% da demanda anual de energia suprida por fontes renováveis geradas no local ou no lote proporciona um objetivo claro e mensurável, adaptado às condições climáticas e à matriz energética brasileira (INI-C, 2022).

A transição para Edificações de energia quase zero (NZEBs), surge como uma das mais promissoras estratégias para acelerar a descarbonização do setor, alinhando-se diretamente às metas climáticas nacionais e globais (PBE, 2015).

A presente dissertação dedica-se à análise de um estudo de caso para a classificação do nível de eficiência energética de um edifício público, empregando o método de simulação termoenergética.

Após o direcionamento das medidas de eficiência energética, é abordado o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, para suprimento da demanda restante, com o propósito de converter a edificação em uma NZEB. Para tal, a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), publicada em 2022, foi utilizada como referência. A pesquisa em questão envolve a coleta de dados técnicos do edifício e a realização de simulações termoenergéticas para a avaliação de seu desempenho.

O objetivo primordial consiste na proposição de intervenções que garantam a eficiência energética e o conforto ambiental, em alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Diante do exposto, a questão norteadora é: Como adequar um edifício público existente para atingir a classificação de NZEB, utilizando a simulação termoenergética e a aplicação de medidas de eficiência energética, em conformidade com as normativas brasileiras?

1.2 Motivação

Reconhecendo o alto potencial de retorno econômico e ambiental, o governo federal e suas agências utilizam Chamadas Públicas para fomentar projetos de eficiência energética. Um exemplo notável é a chamada Procel “Energia Zero em Prédios Públicos”, lançada em 2024, que seleciona propostas de retrofit para converter edifícios em NZEB.

Essas iniciativas norteiam a destinação de recursos ao estabelecer como prioridade a redução da demanda por meio de melhorias na envoltória e nos sistemas prediais, para só então suprir a necessidade residual com energia renovável. A simulação energética é uma ferramenta chave nesse processo, pois aponta o caminho mais eficaz para a redução de despesas públicas.

Dessa forma, a abordagem busca contribuir diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 (Energia limpa e acessível), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e 13 (Ação contra a mudança global do clima), visando à promoção de edificações eficientes, resilientes e alinhadas aos desafios do século XXI.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Requalificar o edifício público Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica (LEECT-BIO), visando sua transformação em um Edifício de

Energia Quase Nula (NZEB), por meio de avaliação termoenergética com base na Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C, 2022).

1.3.2 Objetivos específicos

- Coletar de dados técnicos da envoltória e dos sistemas prediais do Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica (LEECT-BIO);
- Realizar simulação termoenergética segundo a INI-C;
- Analisar os resultados para identificar e propor medidas de eficiência energéticas;
- Dimensionar o sistema fotovoltaico visando à conversão da edificação em NZEB;
- Avaliar o alinhamento da proposta com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os de números 7, 11 e 13.

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação de curso conta com seis capítulos, sendo eles:

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO - Contextualiza o trabalho e elenca as motivações para o seu desenvolvimento, apresenta os objetivos gerais e específicos bem como a estrutura do trabalho;

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA - São apresentados conceitos e pesquisas necessárias para fundamentar o trabalho;

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA - Descrição da metodologia utilizada para atingir os objetivos específicos e geral;

CAPÍTULO 4: ESTUDO DE CASO - Apresentação do Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica (LEECT-BIO) e dos dados de envoltória e dos sistemas prediais;

CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÕES - Apresentam-se os resultados da avaliação da eficiência energética, bem como a análise dos sistemas, com o intuito de orientar as medidas de eficiência energética para a redução da demanda anual de energia e o dimensionamento do sistema fotovoltaico para atendimento aos critérios para NZEB;

CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO - Apresenta os resultados obtidos e propõe sugestões de trabalhos futuros.

Ao final do trabalho estão as REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS e ANEXOS.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Considerações iniciais

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos e estudos relacionados ao tema, com o propósito de oferecer uma compreensão do assunto e contribuir para as discussões subsequentes.

2.2 Eficiência energética em edificações

A crise climática e a crescente demanda por energia representam desafios globais, nos quais o setor de edificações e construção civil desempenha um papel central. A operação de edifícios é responsável por uma parcela significativa do consumo energético e das emissões de gases de efeito estufa em escala mundial. Dados da Agência Internacional de Energia (IEA) e da Aliança Global para Edifícios e Construção (Global ABC) indicam que, em 2021, as operações de edificações responderam por 30% do consumo final de energia global e 27% do total de emissões do setor energético.

Diante da urgência climática, os Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB) surgem como uma estratégia essencial e inovadora. Essa abordagem propõe transformar a forma de projetar, construir e operar edificações, buscando um balanço energético anual próximo de zero. Alinhados à Agenda 2030 da ONU, os NZEB contribuem especialmente para os ODS 7, 11 e 13, promovendo energia limpa, cidades sustentáveis e ações contra a mudança climática.

A construção sustentável se fundamenta em três pilares. No pilar ambiental, busca-se reduzir os impactos ao meio ambiente por meio da preservação de recursos, da diminuição de resíduos e do consumo de energia e água, com o uso de materiais de baixo impacto e o aproveitamento de iluminação e ventilação naturais (AGOPYAN; JOHN, 2011; SANTOS, 2016).

O pilar econômico trata da viabilidade ao longo do ciclo de vida da edificação, mostrando que, apesar do custo inicial cerca de 5% maior, a economia operacional, com reduções de até 30% nos gastos com água e energia, compensa esse investimento (SANTOS, 2016).

O pilar social considera o impacto sobre as pessoas, promovendo ambientes saudáveis, acesso equitativo à moradia e condições dignas de trabalho na cadeia produtiva (AGOPYAN; JOHN, 2011).

A Universidade Federal do Pará tem sido palco de diversas pesquisas voltadas à eficiência energética em edificações públicas, com destaque para aquelas que buscam a certificação conforme a Instrução Normativa INI-C do Inmetro.

Tais estudos têm contribuído para consolidar metodologias de análise e propor intervenções que aproximem os edifícios do conceito de energia quase zero, alinhados às metas de sustentabilidade institucional.

No trabalho de Souza (2017), foi realizada uma avaliação da eficiência energética do edifício Mirante do Rio, localizado no Campus Guamá da UFPA, com base nos critérios do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

O estudo avaliou a envoltória, sistema de iluminação e condicionamento de ar, identificando que a edificação não atendia aos requisitos mínimos de eficiência em seu estado original. Apresentou bons resultados com o retrofit, alcançando uma redução anual de 31,4% no consumo de energia elétrica, economia financeira de R\$64.335,00 e diminuição das emissões em 22,5 toneladas de CO₂ anuais.

Outro exemplo é apresentado por Albuquerque (2020), que analisou a Biblioteca Central da UFPA, também no Campus Guamá. A pesquisa propôs a transformação da edificação em um Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB), integrando ações de retrofit no sistema de iluminação, implantação de sistema fotovoltaico e de armazenamento de energia. A proposta permitiu a redução de 44% no consumo energético da edificação apenas com a substituição do sistema de iluminação, e demonstrou que, com a integração entre geração e armazenamento, seria possível atingir um índice de 77% de autoconsumo da energia gerada.

Em uma abordagem voltada ao setor residencial institucional, Azevedo (2024) avaliou termoenergicamente a Casa de Estudantes Universitários da UFPA (CEUS), também localizada em Belém. O estudo utilizou o metamodelo proposto pela nova versão da Instrução Normativa Inmetro para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), em conjunto com a NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho. Os resultados indicaram que, embora a envoltória obtivesse classificação satisfatória, os sistemas de iluminação e condicionamento de ar apresentaram baixa eficiência. Com base nisso, o trabalho propôs intervenções que resultam em melhoria significativa do desempenho energético global da edificação, sem comprometer o conforto térmico dos usuários.

A avaliação parcial de uma edificação também representa uma estratégia eficiente para o avanço da eficiência energética em prédios públicos. No estudo de Corrêa *et al.* (2024) a análise e o retrofit apenas do sistema de iluminação resultaram em uma economia de 68,15% no consumo energético, com classificação final A e *payback* de apenas 1,28 ano. Isso demonstra que, mesmo de forma parcial, a aplicação da metodologia da INI-C é capaz de promover melhorias significativas, viabilizando ganhos imediatos e preparando a edificação para futuras certificações completas.

Esses estudos demonstram que a aplicação da INI-C é viável em diferentes tipologias de edificações públicas da UFPA. Os resultados obtidos indicam que, mesmo com limitações técnicas e orçamentárias, é possível alcançar avanços relevantes na eficiência energética por meio de diagnósticos precisos e propostas técnicas bem fundamentadas.

2.3 Regulamentação

A eficiência energética no setor de edificações é liderada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica). Instituído no âmbito da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (Lei nº 10.295/2001), o PBE Edifica funciona como um programa de adesão voluntária que visa classificar o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços, públicas e residenciais (CARLO; LAMBERTS, 2009). O principal instrumento do programa é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que fornece uma classificação de "A" (mais eficiente) a "E" (menos eficiente), de forma análoga às etiquetas já consolidadas para eletrodomésticos (LAMBERTS *et al.*, 2014).

A ENCE tem como objetivo informar de forma clara e padronizada sobre o desempenho energético dos imóveis, ajudando consumidores, proprietários e investidores a considerarem a eficiência na hora da escolha; e incentivar projetistas e construtores a usarem soluções mais eficientes para conquistar melhores classificações e se destacarem no mercado.

No Brasil o marco inicial foi o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), estabelecido por volta de 2010 (INMETRO, 2022).

A metodologia do RTQ-C era predominantemente prescritiva, baseada na verificação de uma série de requisitos mínimos para a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de ar condicionado. Embora este método tivesse a vantagem da simplicidade, ele apresentava limitações significativas: sua rigidez dificultava a avaliação de soluções de projeto integradas e

inovadoras, e muitas vezes não conseguia valorar adequadamente o impacto de tecnologias de alto desempenho (CARLO; LAMBERTS, 2009).

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) promoveu uma profunda revisão que culminou na publicação da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), em 2022. A INI-C representa um avanço fundamental ao substituir a abordagem prescritiva por uma metodologia baseada em desempenho. A normativa realiza a classificação com base no consumo de energia da edificação, esse cálculo pode ser realizado por meio dos métodos simplificado e de simulação (INMETRO, 2022).

O método simplificado trata-se de uma forma mais acessível de avaliação, pois não exige o uso de softwares especializados, sendo aplicado a projetos convencionais que se enquadram dentro de limites estabelecidos. O método de simulação que utiliza a programas computacionais como ferramenta de avaliação para modelar o desempenho energético da edificação. Embora ambos sejam aceitos, a simulação é superior, pois oferece maior precisão, permite analisar soluções inovadoras e garante uma visão mais realista do consumo de energia. que utiliza a simulação computacional como ferramenta central de avaliação (INI-C, 2022)

O cerne do método de simulação consiste na comparação do consumo anual de energia de dois modelos computacionais. O primeiro é o modelo real, que representa a edificação como projetada, com todas as suas características geométricas, materiais e sistemas. O segundo é o modelo de referência, uma versão padronizada do mesmo edifício, com características construtivas e de sistemas que correspondem a um nível de eficiência base, classificado como nível "D" segundo a normativa. (INMETRO, 2022).

A avaliação abrange de forma integrada os três principais sistemas consumidores de energia da edificação: a envoltória (paredes, coberturas, janelas etc), o sistema de iluminação artificial e o sistema de climatização (INMETRO, 2022). A simulação computacional calcula o consumo de energia primária anual para ambos os modelos. A classificação final na ENCE, de "A" a "E", é determinada pelo percentual de economia de energia que o modelo real apresenta em relação ao modelo de referência.

A INI-C também prevê métodos simplificados para certas condições, como o uso de metamodelo e interfaces web, a exemplo da ferramenta Natural Comfort para avaliar o potencial de ventilação natural em edificações (RACKES; MELO; LAMBERTS, 2016).

No entanto, a literatura técnica alerta para as limitações dessas ferramentas simplificadas. Estudos de caso demonstram que a aplicação da interface web e de métodos mais detalhados em Python para o mesmo edifício pode gerar resultados de desempenho significativamente diferentes, o que reforça a necessidade de um julgamento técnico apurado e a superioridade da simulação completa para uma análise precisa e confiável (RACKES; MELO; LAMBERTS, 2016).

2.4 Medidas de eficiência energética

2.4.1. Medidas de Eficiência Energética para a Envoltória

A envoltória é a primeira barreira de defesa da edificação contra as condições climáticas externas. Seu desempenho é crucial para o conforto térmico e a eficiência energética.

As tecnologias de envidraçamento avançaram significativamente. Vidros de baixa emissividade (*low-emissivity* ou *low-e*) e vidros refletivos podem ser utilizados para filtrar seletivamente a radiação solar, bloqueando o calor (infravermelho) enquanto permitem a passagem da luz visível (PEREIRA *et al.*, 2018).

A eficácia dessas soluções, no entanto, é altamente dependente do clima e da área envidraçada da fachada (Percentual de Abertura na Fachada - PAF). Estudos de simulação para o Brasil mostram que, em climas com estações definidas como Curitiba e São Paulo, os vidros de controle solar são extremamente eficazes. Em um cenário de fachada cortina, a substituição de um vidro incolor comum por um vidro refletivo pode reduzir o consumo de energia para ar condicionado em mais de 23% (LI *et al.*, 2010). Em climas quentes e úmidos como o de Manaus, seu benefício é maximizado quando aplicados em aberturas menores, para limitar o ganho de calor total (LI *et al.*, 2010).

A aplicação de materiais com baixa condutividade térmica em paredes e coberturas é uma das estratégias mais eficazes para reduzir as trocas de calor. No contexto brasileiro, sua aplicação requer uma análise bioclimática cuidadosa.

Em climas com invernos frios, o isolamento é fundamental para reduzir a demanda por aquecimento. Em climas predominantemente quentes, o isolamento na cobertura é essencial para bloquear o intenso ganho de calor por radiação solar. Estudos indicam que, para climas quentes e úmidos, estratégias que combinam alta inércia térmica (capacidade de armazenar calor) com ventilação noturna podem ser mais vantajosas que o simples isolamento de paredes (ALMEIDA, 2019).

No entanto, para a vasta maioria das zonas climáticas brasileiras, que possuem verões quentes e invernos que requerem algum aquecimento, o isolamento térmico adequado é uma medida de alto impacto para reduzir o consumo de energia durante todo o ano (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Telhados Frios e Termoacústicos (*Cool Roofs*) tem alta refletância solar (capacidade de refletir a luz do sol) e alta emitância térmica (capacidade de irradiar o calor absorvido) (LAMBERTS *et al.*, 2014). Na prática, um telhado frio permanece significativamente mais frio sob o sol do que um telhado convencional escuro. A literatura reporta um potencial de economia de energia anual que pode variar de 1% a mais de 35%, dependendo do clima e das características do edifício (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Além da economia de energia para climatização, os telhados frios contribuem para a mitigação das ilhas de calor urbanas, reduzindo a temperatura do ar no entorno da edificação (LAMBERTS *et al.*, 2014).

2.4.2. Medidas de Eficiência Energética para Sistemas de Iluminação

A iluminação artificial é um dos maiores consumidores de energia em edifícios comerciais. A eficiência neste sistema é alcançada pela combinação de fontes de luz eficientes e sistemas de controle inteligentes.

A substituição de tecnologias de iluminação obsoletas (incandescentes, fluorescentes) pela tecnologia de Diodos Emissores de Luz (LED) é uma medida fundamental. Os LEDs oferecem uma eficiência luminosa muito superior, convertendo mais eletricidade em luz e menos calor. Estudos indicam que os LEDs podem consumir até 90% menos energia que as lâmpadas incandescentes e possuem uma vida útil dezenas de vezes maior, reduzindo também os custos de manutenção e descarte (LI *et al.*, 2010).

A integração de sistemas de controle pode potencializar a economia de energia. As principais estratégias incluem a dimerização, que ajusta a intensidade da luz artificial em resposta à quantidade de luz natural disponível, e o uso de sensores de presença ou ocupação, que desligam as luzes em ambientes desocupados. A literatura científica demonstra que a aplicação combinada dessas estratégias de controle pode gerar uma economia adicional de até 47% no consumo de energia para iluminação (LI *et al.*, 2010).

2.4.3. Medidas de Eficiência Energética para Sistemas Condicionamento de ar

Em grande parte do Brasil, o sistema de ar condicionado é o principal consumidor de energia em edificações. A especificação de equipamentos de alto desempenho é, portanto, uma medida de eficiência energética de grande impacto (LAMBERTS, 2014).

A tecnologia inverter revolucionou a eficiência dos sistemas de climatização. Diferentemente dos aparelhos convencionais, que operam em um ciclo liga/desliga com picos de consumo, os equipamentos com tecnologia inverter utilizam um compressor de velocidade variável. Este compressor modula sua rotação para ajustar continuamente a capacidade de refrigeração à carga térmica do ambiente, operando de forma mais suave e sem picos de energia (JANNUZZI *et al.*, 2012).

Esta operação contínua e ajustada resulta em maior estabilidade da temperatura, menor nível de ruído e, mais importante, uma drástica redução no consumo de energia. Fabricantes e estudos independentes apontam para uma economia de energia de até 60% em comparação com sistemas convencionais de capacidade similar. Adicionalmente, muitos desses equipamentos modernos utilizam fluidos refrigerantes R32 com menor potencial de aquecimento global, contribuindo também para a mitigação do impacto ambiental direto (JANNUZZI *et al.*, 2012).

2.4.4. Geração de Energia Renovável Integrada

A geração de energia renovável integrada refere-se à incorporação de fontes limpas, como solar, eólica e biomassa, diretamente nos ambientes construídos ou em sistemas energéticos locais. Essa abordagem promove a descentralização da produção de energia, reduz perdas na transmissão e contribui para a sustentabilidade ambiental. Quando integrada a edificações, como por meio de painéis fotovoltaicos em telhados, ela permite maior eficiência energética e autonomia.

2.5 Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB)

Os Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB) representam uma evolução significativa na busca por construções sustentáveis e eficientes energeticamente, alinhadas às demandas ambientais e sociais contemporâneas. Segundo Meirelles *et al.* (2023), um NZEB é caracterizado pelo equilíbrio entre a energia consumida para manter suas operações e a energia gerada a partir de fontes renováveis locais, configurando-se como um microgerador dentro do contexto urbano brasileiro. Essa definição enfatiza a integração funcional de sistemas como geração de energia, automação predial, isolamento térmico e condicionamento de ar, aliados a

técnicas bioclimáticas, para garantir o desempenho energético desejado.

A literatura destaca o crescente interesse e viabilidade técnica para adoção do conceito de NZEB nas edificações. Barbosa e Krebs (2014) ressaltam que o conceito está intrinsecamente ligado à sustentabilidade, promovendo edificações altamente eficientes no design, construção e operação, com racionalização do uso energético.

Estudos de caso, como o apresentado por Silva *et al.* (2019), demonstram que o uso de ferramentas computacionais para simulação termoenergética e conforto lumínico permite projetar edifícios com redução de até 71% na demanda energética, além de viabilizar a geração fotovoltaica capaz de suprir cerca de 94% do consumo anual, evidenciando a aplicabilidade do conceito em climas como o de Brasília. Essa abordagem integrada reforça a importância do planejamento criterioso e da avaliação de cenários para o sucesso do NZEB.

Além disso, a qualidade ambiental interna (Indoor Environmental Quality - IEQ) é apontada como um aspecto fundamental a ser considerado em edificações NZEB, indo além do desempenho energético. A incorporação da iluminação natural, por exemplo, contribui para o bem-estar dos usuários e para a eficiência energética, conforme destacam pesquisas sobre o papel da luz do dia em edifícios de alto desempenho (CASTRO, 2023).

No âmbito nacional, dados do PROCEL indicam que residências e edifícios comerciais respondem por cerca de 50% do consumo energético no Brasil, o que torna a implementação de NZEB uma estratégia vantajosa para a redução da demanda e a descentralização da geração energética, mitigando a necessidade de expansão das redes de transmissão e promovendo a preservação ambiental.

2.6 NZEB e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), são exemplos de como essa abordagem integrada é fundamental para promover mudanças estruturais. Os objetivos propõem metas ambientais com ações de combate à pobreza, educação de qualidade, cidades e comunidades sustentáveis e energia limpa (Dalbosco *et al.*, 2022).

A transição para Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB) não deve ser encarada como um objetivo final, mas como uma ferramenta para alcançar metas de desenvolvimento mais amplas. Essa seção final resume a análise realizada, indicando a relação entre as estratégias e tecnologias NZEB e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7, 11 e 13.

Na Tabela 2.1 apresenta-se uma matriz que relaciona as principais medidas técnicas abordadas com as metas específicas de cada ODS, mostrando como as intervenções nas edificações podem contribuir para a agenda global.

Tabela 2.1 - Matriz de Relação entre Tecnologias NZEB e Metas Específicas dos ODS 7, 11 e 13.

Medida de Eficiência	ODS 7: Energia Limpa e Acessível	ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis	ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima
Isolamento térmico e envoltória de alto desempenho	Meta 7.3: Melhora a eficiência energética ao reduzir a demanda por climatização. Meta 7.1: Reduz custos operacionais, tornando a energia mais acessível.	Meta 11.1: Aumenta o conforto térmico, contribuindo para uma "moradia digna". Meta 11.6: Reduz o consumo de energia per capita da cidade.	Meta 13.2: Reduz as emissões de GEE associadas ao consumo de energia para climatização.
Iluminação LED com controle inteligente	Meta 7.3: Aumenta drasticamente a eficiência energética do sistema de iluminação.	Meta 11.6: Diminui o consumo de eletricidade, reduzindo o impacto ambiental da cidade.	Meta 13.2: Reduz as emissões de GEE da geração de eletricidade necessária para a iluminação.
Sistema de climatização inverter	Meta 7.3: Melhora significativamente a eficiência energética do maior consumidor de energia em muitos edifícios.	Meta 11.1: Proporciona conforto térmico com menor custo operacional, melhorando a qualidade e acessibilidade da habitação.	Meta 13.2: Corta as emissões de GEE ao reduzir o consumo de eletricidade para refrigeração e aquecimento.
Geração fotovoltaica on-site	Meta 7.2: Aumenta diretamente a participação de energia renovável na matriz energética. Meta 7.1: Garante o acesso a uma fonte de energia moderna e sustentável.	Meta 11.b: Aumenta a resiliência da edificação e da comunidade a falhas na rede elétrica.	Meta 13.1: É uma ação de mitigação direta, substituindo energia de fontes fósseis por energia solar limpa.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.7 Considerações Finais

O capítulo evidencia que a melhoria da eficiência energética em edificações é uma estratégia crucial para enfrentar os desafios energéticos e ambientais contemporâneos. A transição para construções de alto desempenho, como os Edifícios de Energia Quase Zero (NZEB), representa uma abordagem inovadora para equilibrar o consumo e a geração de energia renovável no local. No capítulo seguinte será apresentada a metodologia do trabalho.

3. METODOLOGIA

3.1 Considerações iniciais

O presente capítulo descreve as etapas da metodologia para a classificação do nível de eficiência energética de um edifício público, empregando o método de simulação termoenergética. Posteriormente, é abordada a dimensionamento de um sistema fotovoltaico com o propósito de converter a edificação em uma NZEB.

3.2 Procedimentos e Ferramentas de Coleta

Para a realização da avaliação de eficiência energética da edificação, em conformidade com os requisitos da Instrução Normativa para Classificação do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INI-C), procedeu-se a uma detalhada etapa de levantamento de dados *in loco*. O escopo desta análise concentrou-se em três sistemas principais: a envoltória, a iluminação artificial e o condicionamento de ar.

É importante ressaltar que o sistema de aquecimento de água, embora previsto na avaliação completa da INI-C, foi excluído do escopo deste estudo. Tal ajuste metodológico justifica-se pela ausência de pontos de consumo de água quente na edificação. Desta forma, a avaliação concentrou-se nos sistemas efetivamente consumidores de energia do edifício, como a envoltória, a iluminação e a climatização.

A coleta de dados foi executada por meio de inspeções visuais sistemáticas em todos os ambientes do edifício. Para esta finalidade, foram empregadas as seguintes ferramentas metodológicas:

- **Plantas Arquitetônicas:** Utilizadas como base para a identificação dos ambientes e sistemas. Constatou-se a necessidade de verificação e atualização *in loco*, uma vez que os documentos fornecidos não refletiam integralmente o estado atual da edificação.
- **Fichas Técnicas de Campo:** Foram desenvolvidas fichas de coleta específicas para cada sistema (envoltória, iluminação e climatização), com o objetivo de padronizar o levantamento das informações e facilitar seu posterior processamento e análise.
- **Registro Fotográfico e Audiovisual:** Realizou-se um registro completo por meio de fotografias e filmagens de todos os ambientes, equipamentos e componentes relevantes, servindo como documentação comprobatória e material de consulta para a etapa de análise.

Os modelos das fichas utilizadas são apresentados nas Figuras 3.1 e 3.2.

Figura 3.1 - Ficha de levantamento de esquadilhas.

PROJETO GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
LEVANTAMENTO PARA PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA


AMAZON
Centro de Excelência em Eficiência Energética de Amazônia

G
PROJETO DE GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

FICHA DE ESQUADRIAS

LOCAL: _____
RESPONSÁVEL TÉCNICO: _____
DATA DO 1º LEVANTAMENTO: ____/____/____ DATA DO 2º LEVANTAMENTO: ____/____/____

Nome: _____ Tipo: () Porta () Janela () Balancim
Material: () Vidro () Alumínio () Madeira () Aço
() Outro: _____
Tipo de abertura: () Abrir () Correr () Basculante () Fixo
() Max Ar () Guilhotina () Outros: _____
Dimensionamento geral (m): L: _____ H: _____ P: _____
Dimensionamento vidro (m): L: _____ H: _____ P: _____
Espessura detalhamento (m): L: _____ H: _____ P: _____
Observações: _____



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Figura 3.2 - Ficha de lâmpadas e luminárias.

PROJETO GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
LEVANTAMENTO PARA PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA


AMAZON
Centro de Excelência em Eficiência Energética de Amazônia

G
PROJETO DE GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

FICHA DE LÂMPADAS E LUMINÁRIAS

LOCAL: _____
RESPONSÁVEL TÉCNICO: _____
DATA DO 1º LEVANTAMENTO: ____/____/____ DATA DO 2º LEVANTAMENTO: ____/____/____
Desenhar um ícone para cada tipo de lâmpada, posteriormente transferir para a planta o mesmo desenho.

Fabricante: _____
Lâmpada: () LED () Fluorescente
Tipo: () Bulbo () Tubular T8 () Tubular T5 () Spot () Plafon
() Outro: _____
Temperatura de cor (K): _____ Potência (W): _____
Fluxo luminoso (lm): _____
Tipo de luminária: _____
Formato: _____ Tamanho: _____
Observações: _____



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

3.3 Sistemas avaliados

O levantamento foi realizado de acordo com os sistemas avaliados na INI-C, conforme detalhado a seguir.

3.3.1. Sistema da Envoltória

Para a caracterização da envoltória, foram coletados os seguintes parâmetros para cada ambiente:

- Características Construtivas: Materiais e espessuras de paredes externas e internas, cobertura e piso.
- Esquadrias: Tipologia (janelas, portas, etc.), materiais e tipo de vidro.
- Propriedades: Cores e absorvância solar das superfícies externas (paredes e cobertura).
- Dimensões: Área de piso, pé-direito e áreas de aberturas (janelas e portas).

- Parâmetros de Ocupação: Número máximo de ocupantes, perfil de utilização e horários de funcionamento de cada espaço.

As informações da envoltória foram utilizadas para a atualização das plantas baixas em ambiente CAD e para a subsequente modelagem tridimensional da edificação.

3.3.2. Sistema de Iluminação

A análise do sistema de iluminação envolveu o levantamento dos seguintes dados:

- Fontes de Luz e Luminárias: Tipologia das lâmpadas (LED, fluorescente, etc.) e das luminárias (de embutir, sobrepor, etc.).
- Parâmetros Elétricos e Luminotécnicos: Potência nominal (W) de cada conjunto de lâmpada/luminárias, fluxo luminoso (lm) e quantidade total por ambiente.
- Distribuição e Controle: *Layout* das luminárias e o mapeamento dos acionamentos, identificando quais grupos de luminárias são controlados por cada interruptor.
- Perfil de Uso: Horário de funcionamento estimado para o sistema de iluminação em cada ambiente.

Os dados coletados foram transferidos para uma planilha de cálculo que, por meio do método dos lúmens, permitiu estimar o nível de iluminância média em cada ambiente. Este procedimento foi fundamental para verificar a conformidade dos espaços com os requisitos de conforto lumínico estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

3.3.3. Sistema de Condicionamento de Ar

Para o sistema de climatização, foram registrados os dados técnicos de todos os equipamentos (unidades evaporadoras e condensadoras):

- Identificação do Equipamento: Marca, modelo e número de série.
- Capacidade e Potência: Capacidade de refrigeração (BTU/h) e potência elétrica nominal (W).
- Índices de Eficiência: Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) ou Coeficiente de Desempenho (COP) e classificação de eficiência energética segundo a ENCE dos aparelhos.
- Perfil de Operação: Horários de funcionamento habituais do sistema.

Os dados do sistema de climatização foram tabulados e associados aos seus respectivos ambientes nas plantas atualizadas. Adicionalmente, foram catalogados outros equipamentos

com consumo elétrico relevante e registradas peculiaridades construtivas ou operacionais que pudessem impactar o desempenho energético da edificação.

3.3.4. Tratamento e Análise dos Dados

Após a fase de coleta, os dados brutos foram organizados e processados. As informações foram inseridas em planilhas para controle, verificação e posterior utilização nas etapas de simulação e análise. Os Apêndices 1, 2 e 3 apresentam as planilhas dos levantamentos sendo elas de Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar, respectivamente.

3.4 Avaliação da eficiência energética

3.4.1. Tratamento e Análise dos Dados

A avaliação dos sistemas da edificação foi feita pelo método de simulação termoenergética, metodologia descrita no Anexo C.I da INI-C, pelo qual se obtém o consumo final por uso dos sistemas individuais de energia elétrica. Com estes resultados, é possível calcular o consumo de energia primária na condição real e de referência, assim permitindo identificar a classificação de eficiência energética do prédio.

Neste método, semelhante ao procedimento simplificado, a construção é avaliada sob sua condição real, adotando as características reais da obra em seu estado atual, e sua condição de referência, que faz uso dos atributos listados nas tabelas do Anexo A da Portaria nº 309 de 6 de setembro de 2022.

Para a simulação, foram utilizados os arquivos climáticos da cidade de Belém do Pará, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O software utilizado para simulação termoenergética, conforme os requisitos estabelecidos no Anexo C.I, deve atender os seguintes critérios técnicos:

- Ser validado pela norma ASHRAE 140;
- Simular as 8.760 horas do ano;
- Modelar variações diárias (ocupação, cargas térmicas etc.);
- Considerar inércia térmica, ventilação natural, sombreamento externo, trocas de calor com o solo;
- Permitir multazonas térmicas;
- Simular sistemas de ar-condicionado, ventilação, aquecimento;
- Emitir relatórios por hora de uso de energia.

Dentre os softwares disponíveis, o *EnergyPlus* foi escolhido por cumprir integralmente todos esses requisitos,

A modelagem computacional deve representar fielmente a geometria da edificação, incluindo a interação térmica entre pavimentos e ambientes, evitando a utilização de superfícies adiabáticas, que não trocam calor com o ambiente adjacente.

O entorno da edificação, quando considerado, deve ser idêntico em ambas as condições de simulação, incluindo sombras, reflexões e elementos relevantes do contexto urbano, devidamente comprovados por levantamentos fotográficos ou georreferenciados.

As características comuns entre os modelos das condições real e de referência incluem a utilização do mesmo programa de simulação, na mesma versão, o mesmo arquivo climático, geometria, número de pavimentos, divisões em zonas térmicas, padrões de uso e operação dos sistemas, carga interna, faixa de temperatura, taxas de renovação de ar e infiltração, além da área total de piso condicionada.

No modelo da edificação real, todas as características do projeto devem ser consideradas, como transmitância térmica de superfícies, propriedades ópticas dos vidros, sombreamentos fixos e móveis, densidade de potência de iluminação, sistemas de climatização utilizados e seus coeficientes de desempenho.

Quando presente, a ventilação natural deve ser modelada conforme os dados de projeto, sendo possível simular períodos do ano em que o sistema de climatização não é utilizado, desde que se comprove que a temperatura interna permanece dentro dos limites da zona de conforto térmico durante pelo menos 90% das horas ocupadas. No caso analisado não será considerada a ventilação natural, pois o prédio será condicionado artificialmente para garantir o conforto térmico durante o uso.

Por fim, o modelo da condição de referência deve seguir os parâmetros definidos por tipologia no Anexo A da INI-C. A simulação deve adotar um sistema de carga ideal e o consumo anual de energia deve ser estimado a partir da carga térmica total dividida por um coeficiente de eficiência energética padrão de 3,24 W/W, esse fator é utilizado para converter a carga térmica total anual da edificação de referência em consumo de energia elétrica.

Essa metodologia assegura uma comparação justa e padronizada entre a edificação em análise e uma edificação de referência, permitindo classificar seu desempenho energético e

propor intervenções que garantam a eficiência energética e o conforto ambiental, em alinhamento com os ODS.

3.4.2. Simulação termoenergética

A metodologia utilizada para a simulação é baseada no conjunto dos softwares *SketchUp 2020*, *OpenStudio 1.1.0* e *EnergyPlus 9.4.0*. Neste processo, a modelagem do edifício é feita através do *SketchUp* com o *plug-in* do *OpenStudio*, enquanto a análise energética e simulação da carga térmica é executada pela integração do *OpenStudio* e o *EnergyPlus*. A Figura 3.3, apresenta o fluxo de trabalho para simulação termoenergética utilizando a integração dos programas.

Figura 3.3 - Etapas da simulação em cada software.

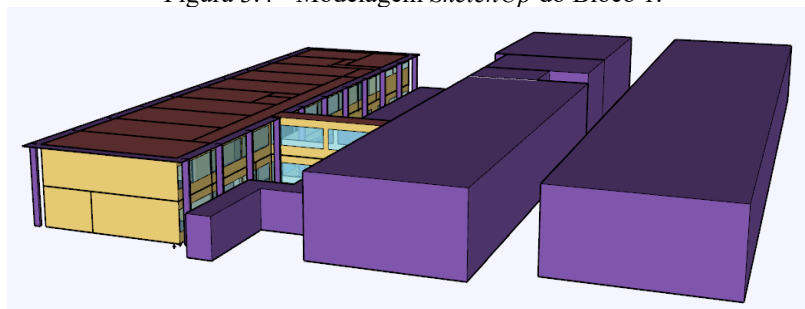
SketchUp (plugin OpenStudio)	OpenStudio (software)	EnergyPlus
<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem • Espaços • Entorno • Zonas térmicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Clima • Agendas (Uso/Ocup) • Tipologias de zonas térmicas • Iluminação • Infiltração 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga térmica • Vent. Natural * • Solo • Cond. Artificial • Tarifa de Energia

Fonte: Autora, 2025.

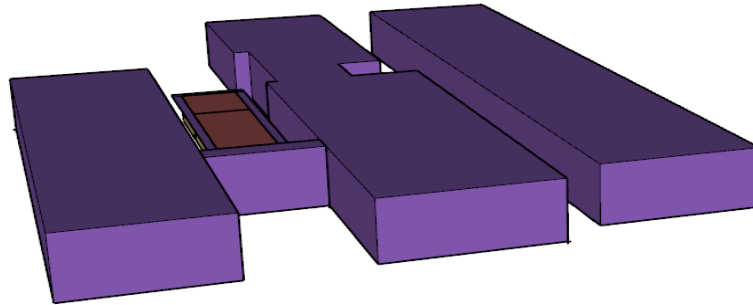
Nesta etapa inicial, utiliza-se o *SketchUp* para a modelagem tridimensional da edificação, com o apoio do plugin *OpenStudio*. Essa ferramenta permite a criação precisa de espaços internos, definição do entorno, além da delimitação das zonas térmicas necessárias para a simulação. Essa modelagem geométrica é fundamental para garantir que o comportamento térmico seja corretamente representado nas etapas seguintes da análise.

Para a avaliação a edificação foi dividida em Blocos 1, 2, 3 e 4, conforme as Figuras 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7. Cada bloco foi modelado levando em consideração suas características reais e, na sequência, os mesmos blocos foram simulados em sua condição de referência e real. Em roxo estão os elementos de sombreamento dos blocos.

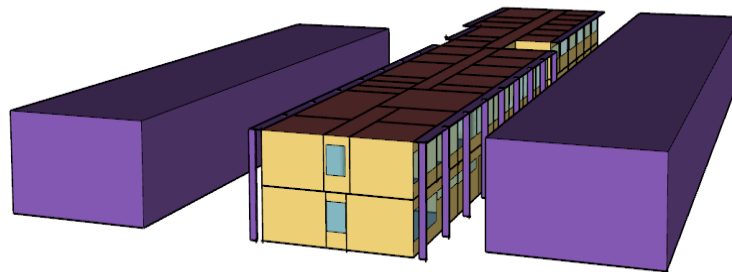
Figura 3.4 - Modelagem *SketchUp* do Bloco 1.



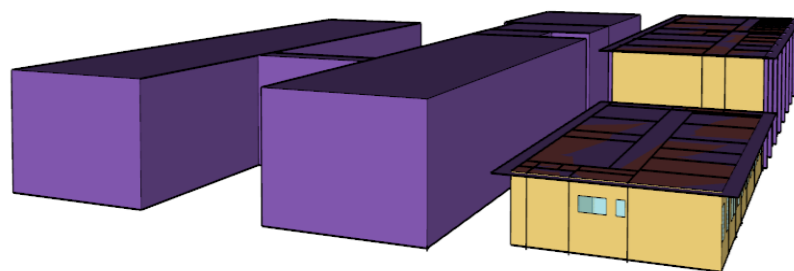
Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Figura 3.5 - Modelagem *SketchUp* do Bloco 2.

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Figura 3.6 - Modelagem *SketchUp* do Bloco 3.

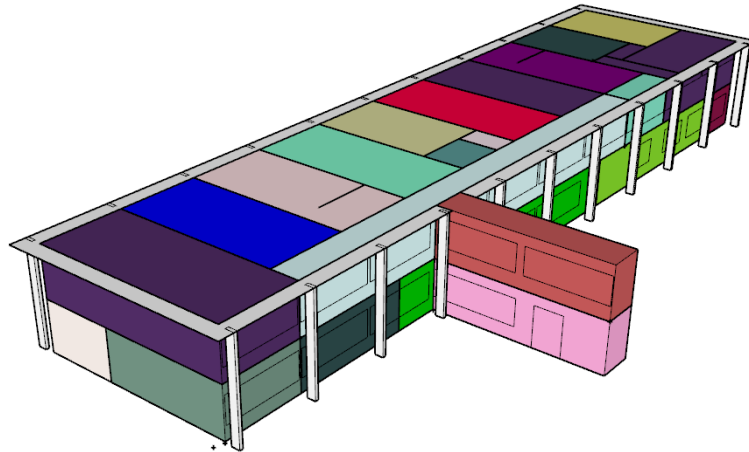
Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Figura 3.7 - Modelagem *SketchUp* do Bloco 4.

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

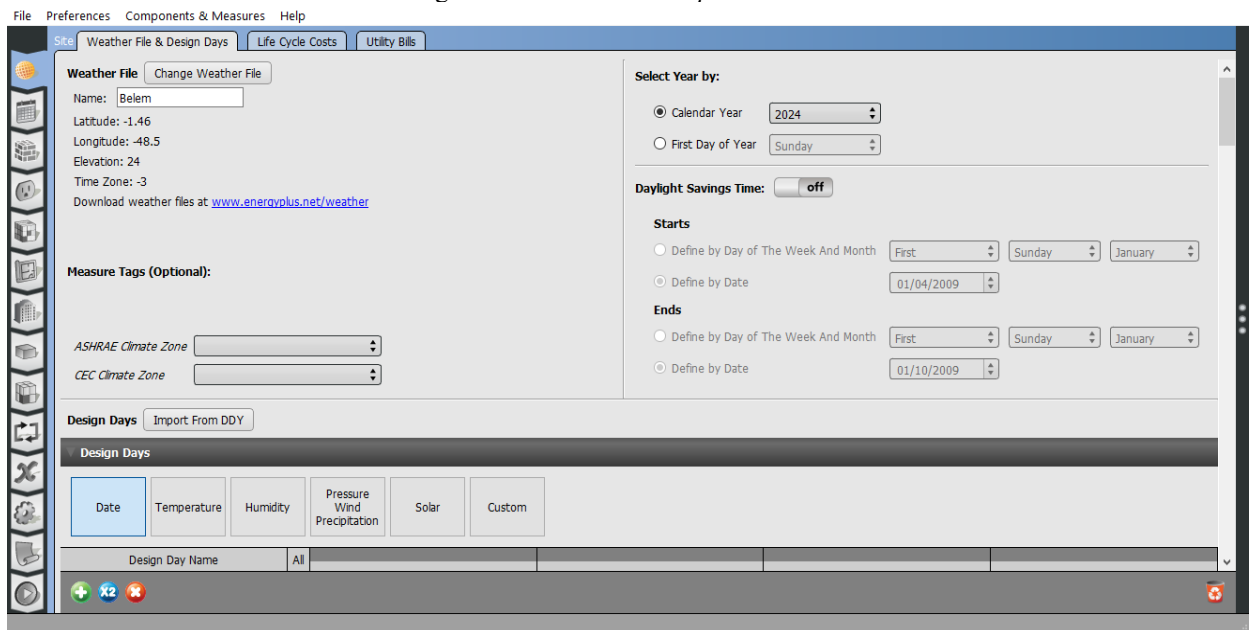
Utilizando o *plug-in* do *OpenStudio* é possível determinar as zonas térmicas e fazer correspondências entre as faces internas e externas assim como entre as esquadrias e os ambientes garantindo as trocas térmicas de todas as zonas. Nessa fase da modelagem também são nomeadas as zonas para otimizar o trabalho nas outras etapas. A Figura 3.8 mostra as zonas térmicas do Bloco 1.

Figura 3.8 - Zonas térmicas do Bloco 1.



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

O *OpenStudio* (Figura 3.9) atua como uma interface gráfica que organiza e complementa as informações do modelo criado no *SketchUp*. Nele são inseridos dados referentes ao clima local (arquivo climático), agendas de uso e ocupação dos ambientes, tipologias de zonas térmicas, sistemas de iluminação e infiltração de ar. Essa etapa permite detalhar como a edificação será utilizada.

Figura 3.9 - Interface do *OpenStudio*.

Fonte: Autora, 2025.

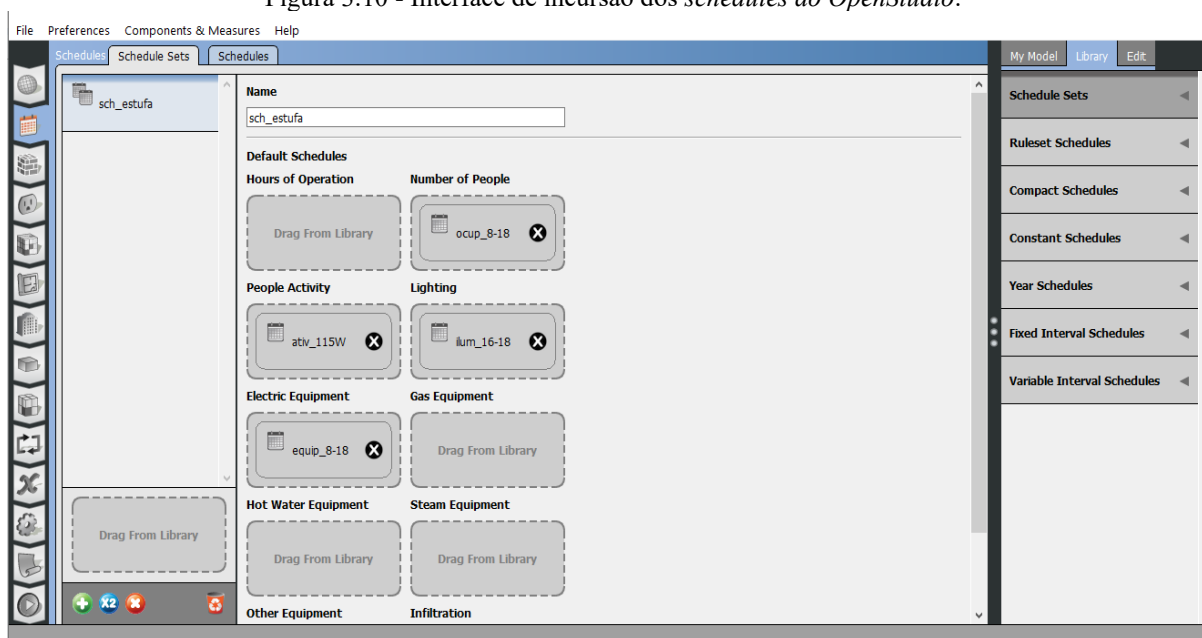
No *OpenStudio* são definidas as agendas (*schedules*). Os *schedules* são fundamentais para definir o comportamento real de uso dos ambientes simulados. Elas determinam quando e como os sistemas e ocupações estão ativos, permitindo uma representação fiel das cargas

internas e do uso energético da edificação ao longo do tempo. Abaixo, seguem os principais tipos de agendas a serem configuradas:

- OCUPAÇÃO (*Number of People - Schedule Type Fractional*) : Horas do dia em que o ambiente está sendo utilizado;
- ATIVIDADE (*People Activity - Schedule Type Activity Level*) - Tipo de atividade desenvolvida no ambiente;
- ILUMINAÇÃO (*Lighting - Schedule Type On/Off*) - horário de funcionamento do sistema de iluminação;
- EQUIPAMENTO (*Electric Equipment - Schedule Type On/Off*) - Horário de funcionamento dos equipamentos do ambiente;
- INFILTRAÇÃO (*Infiltration - Schedule Type Fractional*) - Taxa de ar não-condicionado que entra nos ambientes através de frestas, portas e janelas mal vedadas a infiltração influencia a carga térmica do sistema de climatização, pois interfere diretamente no ganho ou perda de calor do ambiente.

A Figura 3.10 mostra a inserção dos *schedules* do Bloco 2 da edificação.

Figura 3.10 - Interface de inserção dos *schedules* do *OpenStudio*.

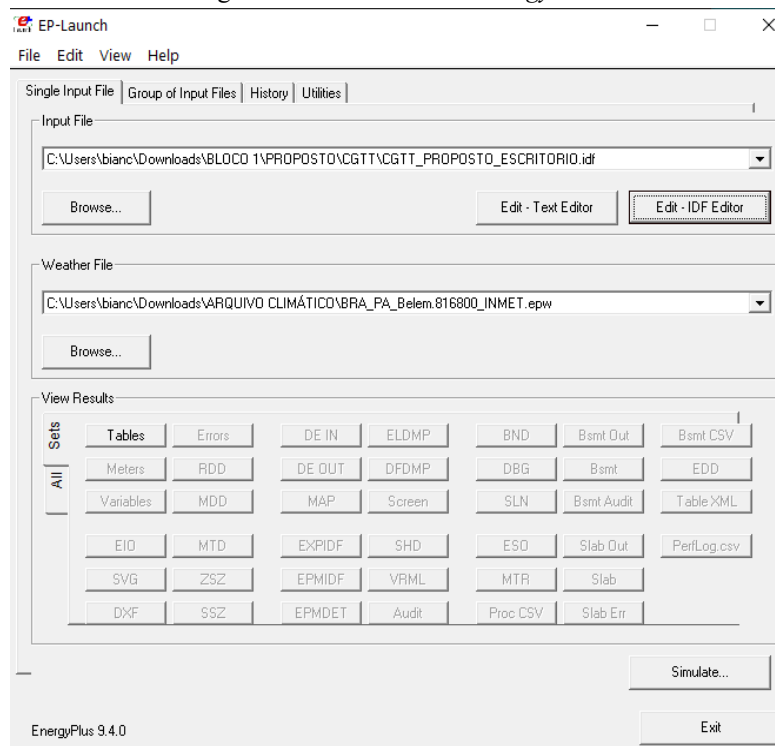


Fonte: Autora, 2025.

Após o preenchimento de todos os dados relacionados aos materiais e agendas no *OpenStudio* é feito o *Run Simulate* onde são gerados os arquivos da simulação calculados pelo *EnergyPlus* (Figura 3.11). No *software* são realizadas as simulações calculando a carga térmica

dos ambientes, as trocas de calor com o solo, o desempenho dos sistemas de condicionamento artificial (HVAC).

Figura 3.11 - Interface do *EnergyPlus*.



Fonte: Autora, 2025.

Os resultados gerados no arquivo *.idf* pelo *EnergyPlus* são utilizados para avaliar o desempenho energético da edificação, sendo compatíveis com os critérios da INI-C e outras normas internacionais.

3.5 Avaliação de Eficiência energética

3.5.1. Avaliação dos sistemas

Após a simulação é feito tratamento dos dados de carga térmica para classificação da envoltória e o consumo dos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar para classificação de eficiência. Além disso, é necessário obter o consumo dos sistemas e dos equipamentos elétricos utilizados no local para se ter a classificação geral da edificação.

São considerados aspectos da zona climática onde a edificação está inserida segundo a NBR 15220 Desempenho térmico de edificações. A norma sofreu alterações em 2024 onde o Brasil passou de oito zonas para 12 zonas, essa mudança corrobora para uma melhor análise do clima do país e uma melhor classificação deles.

3.5.2. Avaliação de Eficiência energética da envoltória

Para a envoltória, é necessário que seja determinado o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação (RedCgTT) a partir da comparação da carga térmica total anual do prédio na condição real com a condição de referência, conforme a Equação 3.1.

$$RedCgTT = ((CgTT_{redD} - CgTT_{real})/CgTT_{redD}) * 100 \quad (3.1)$$

Onde:

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

CgTTredD é a carga térmica total anual da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

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

Na sequência, deve-se comparar o valor do percentual de redução da carga térmica total anual da edificação (RedCgTT) com os limites definidos, identificando a classificação de eficiência energética da envoltória da edificação em questão. Os limites são calculados a partir de “i”, conforme a Equação 3.2

$$i = CRCgTT_{D-A} * 100 / 3 \quad (3.2)$$

Onde:

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

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

CRCgTTD-A é definido a partir do Fator de Forma (FF), razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação, a tipologia da edificação de acordo com o ANEXO A da INI-C e a zona bioclimática em que a edificação está inserida.

Caso a edificação real apresente RedCgTT negativo, sua classificação final será E. A Tabela 3.1 mostra os limites dos intervalos das classificações de eficiência energética da envoltória.

Tabela 3.1 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética da envoltória.

Classificação de Eficiência	RedCgTT (%)				
	A	B	C	D	E
	RedCgTT > 3i	3i ≥ RedCgTT > 2i	2i ≥ RedCgTT > i	i ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0

Fonte: INI-C, 2022.

3.5.3. Avaliação da Eficiência energética do sistema de iluminação

A determinação do percentual de redução do consumo de iluminação (RedCIL) deve ser realizada a partir dos valores do consumo de iluminação da edificação na sua condição real (CIL,real), e condição de referência (CIL,refD), seguindo a Equação 3.3.

$$RedC_{IL} = \left((C_{IL,ref} - C_{IL,real}) / C_{IL,ref} \right) * 100 \quad (3.3)$$

Onde:

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

CIL,refD é o consumo de iluminação da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

CIL,real é o consumo de iluminação da edificação real (kWh/ano).

Os limites são determinados com base no percentual de redução do consumo do sistema de iluminação da classificação D (CIL,refD) para a classificação A (CIL,refA). Os limites intermediários são definidos a partir da componente “i”, que representa o intervalo entre as classes, em porcentagem, conforme a Equação 3.4

$$i = \left((C_{IL,refD} - C_{IL,refA}) / C_{IL,refD} \right) * 100 / 3 \quad (3.4)$$

Onde:

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

CIL,refD é o consumo do sistema de iluminação com a classificação D (kWh/ano);

CIL,refA é o consumo do sistema de iluminação com a classificação A (kWh/ano).

A Tabela 3.2 mostra os limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de iluminação.

Tabela 3.2 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de iluminação.

Classificação de Eficiência	RedC _{IL} (%)				
	A	B	C	D	E
	RedC _{IL} > 3i	3i ≥ RedC _{IL} > 2i	2i ≥ RedC _{IL} > i	i ≥ RedC _{IL} ≥ 0	RedC _{IL} < 0

Fonte: INI-C, 2022.

O sistema de iluminação deve atender, em pelo menos 90% da edificação, a alguns pré-requisitos para a obtenção da classificação A; caso contrário, a classificação máxima do sistema

será B. Os critérios a serem atendidos são: Contribuição da Luz Natural, Controle Local e Desligamento Automático do Sistema de Iluminação.

A Contribuição da Luz Natural tem como objetivo incentivar o aproveitamento da iluminação natural para reduzir o consumo de energia elétrica nas edificações. Para isso, recomenda-se a utilização de acionamentos independentes para as luminárias próximas às janelas, permitindo que, durante o dia, essas luminárias sejam desligadas, enquanto a iluminação artificial permanece em funcionamento apenas nas áreas realmente necessárias.

O Controle Local estabelece que os interruptores devem estar instalados em locais de fácil acesso, possibilitando a visualização das luminárias controladas. Dessa forma, o usuário pode acionar apenas a iluminação necessária, evitando desperdícios.

Por fim, o Desligamento Automático do Sistema de Iluminação deve ser aplicado em ambientes com área superior a 250 m², por meio de dispositivos automáticos de controle que garantam o desligamento das luminárias quando não houver necessidade de uso.

3.5.4. Avaliação da Eficiência energética do sistema de condicionamento de ar

A determinação do percentual de redução do consumo de refrigeração (RedCR) deve ser realizada a partir dos valores do consumo de iluminação da edificação na sua condição real (CR_{,real}), e condição de referência (CR_{,refD}), seguindo a Equação 3.5.

$$RedC_R = \left((C_{R,refD} - C_{R,real}) / C_{R,refD} \right) * 100 \quad (3.5)$$

Onde:

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

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

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

Na sequência, deve-se comparar o valor do percentual de redução de consumo para refrigeração (RedCR) com os limites definidos, identificando a classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar em questão. Os limites são calculados a partir de “i”, conforme a Equação 3.6.

$$i = CRC_{RD-A} * 100 / 3 \quad (3.6)$$

Onde:

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

CRCRD-A é o coeficiente de redução do consumo de refrigeração da classificação D para a A.

CRCRD-A é definido a partir do Fator de Forma (FF), razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação, a tipologia da edificação de acordo com o ANEXO A da INI-C e a zona bioclimática em que a edificação está inserida.

Caso a edificação real apresenta RedCR negativo, sua classificação final será E. A Tabela 3.3 mostra os limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

Tabela 3.3 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

Classificação de Eficiência	RedC _R (%)				
	A	B	C	D	E
	RedC _R > 3i	3i ≥ RedC _R > 2i	2i ≥ RedC _R > i	i ≥ RedC _R ≥ 0	RedC _R < 0

Fonte: INI-C, 2022.

O sistema de condicionamento de ar deve atender, em pelo menos 90% da edificação, a alguns pré-requisitos para a obtenção da classificação A; caso contrário, a classificação máxima do sistema será B. Os critérios a serem atendidos são: Condições específicas por equipamento e Critérios específicos por sistema.

As condições por equipamentos estão relacionadas aos indicadores de eficiência energética de cada equipamento, são considerados o ICOP e o IDRS para essa avaliação. Para os critérios por sistema são considerados são fixados parâmetros dependendo do sistema escolhido para o condicionamento de ar da edificação.

3.5.5. Avaliação da Eficiência energética geral da edificação

A classificação de eficiência energética geral da edificação deve ser feita com base no percentual de redução do consumo de energia primária (RedCEP) da edificação real em comparação com a mesma edificação em sua condição de referência. O percentual de redução deve ser calculado com base na Equação 3.7.

$$RedC_{EP} = \left\{ \frac{[(C_{EP,refD} - (C_{EQ} * f_{CE})) - (C_{EP,real} - (C_{EQ} * f_{CE}))]}{(C_{EP,refD} - (C_{EQ} * f_{CE}))} \right\} * 100 \quad (3.7)$$

Onde:

RedCEP é o percentual de redução do consumo de energia primária entre a edificação real e a condição de referência (%);

CEP,refD é o consumo de energia primária da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

CEQ é o consumo de equipamentos (kWh/ano);

fcE é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

CEP,real é o consumo de energia primária da edificação em sua condição real (kWh/ano).

Na sequência, deve-se comparar o valor do o percentual de redução do consumo de energia primária (RedCEP) com os limites definidos, identificando a classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar em questão. Os limites são calculados a partir de “i”, conforme a Equação 3.8

$$i = CRC_{EPD-A} * 100 / 3 \quad (3.8)$$

Onde:

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

CRCEPD-A é o coeficiente de redução do consumo de energia primária da classificação D para a A.

CRCRD-A é definido a partir do Fator de Forma (FF), razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação, a tipologia da edificação de acordo com o ANEXO A da INI-C e a zona bioclimática em que a edificação está inserida.

Caso a edificação real apresenta RedCEP negativo, sua classificação final será E. A Tabela 3.4 mostra os limites dos intervalos das classificações de eficiência energética geral.

Tabela 3.4 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética geral da edificação

Classificação de Eficiência	RedCEP (%)				
	A	B	C	D	E
	RedCEP > 3i%	3i% ≥ RedCEP > 2i%	2i% ≥ RedCEP > i%	1% ≥ RedCEP ≥ 0%	RedCEP < 0%

Fonte: INI-C, 2022.

3.6 Dimensionamento Fotovoltaico

De acordo com os dados do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), a irradiação diária média para a região de Belém/PA é de 4,69 kWh/m². As perdas consideradas no sistema representam um FDG (Fator de Desempenho Global) de 75%. A Equação 3.9 determina a potência em kilowatt-pico necessária para a geração fotovoltaica suprir o consumo mensal de energia elétrica da edificação.

$$HSP = \frac{Irradia\tilde{c}\tilde{a}\tilde{o}}{1 \text{ kW}/m^2} = 4,69 \text{ h} \quad (3.9)$$

O consumo anual considerado para o dimensionamento foi o resultado de consumo anual dado pela simulação após as medidas de eficiência energética. De acordo com a Equao 3.10.

$$P_p = \frac{Consumo \text{ Anual}}{HSP \cdot FDG \cdot 365} \quad (3.10)$$

Os resultados da equao são utilizados para a escolha dos geradores fotovoltaicos pré-estabelecidos por distribuidores e integradores de equipamentos e que atendam às necessidades técnicas do projeto.

Os módulos fotovoltaicos atualmente disponíveis no mercado contemplam potências de 600 a 750 Watt-pico com considerável eficiência (GREENER, 2024). De acordo com as características técnicas dos módulos fotovoltaicos utilizados, os inversores adotados devem suportar, dentre outras características, a potência de entrada em corrente contínua (CC) do sistema.

A variao de temperatura ambiente ao longo do dia provoca variaes de temperatura nas células dos módulos fotovoltaicos. Há uma relao inversamente proporcional entre aumento da temperatura e tensão do módulo. A Equao 3.11 determina a tensão de circuito aberto V_{oc} corrigida em funo da temperatura (PINHO *et al*, 2014).

$$V_{oc}(T) = V_{oc_{STC}} \cdot (1 + \beta \cdot (T_{min} - 25)) \quad (3.11)$$

Os parâmetros de tensão de circuito aberto do módulo sob condies padrão de ensaio ($V_{oc_{STC}}$) e de coeficiente de temperatura para circuito aberto (β) podem ser obtidos na folha de dados do módulo utilizado no projeto.

Com a influência de uma temperatura mínima de 20 C para Belém/PA (INMET, 2022).

Com a tensão corrigida dos módulos  possível calcular a quantidade de módulos em série para compor os arranjos fotovoltaicos dos inversores. As Equaes 3.8 evidencia a quantidade máxima de módulos por arranjo.

$$N_{mod_{max_série}} = \frac{V_{CC_{max_inversor}}}{V_{oc}(T)} \quad (3.12)$$

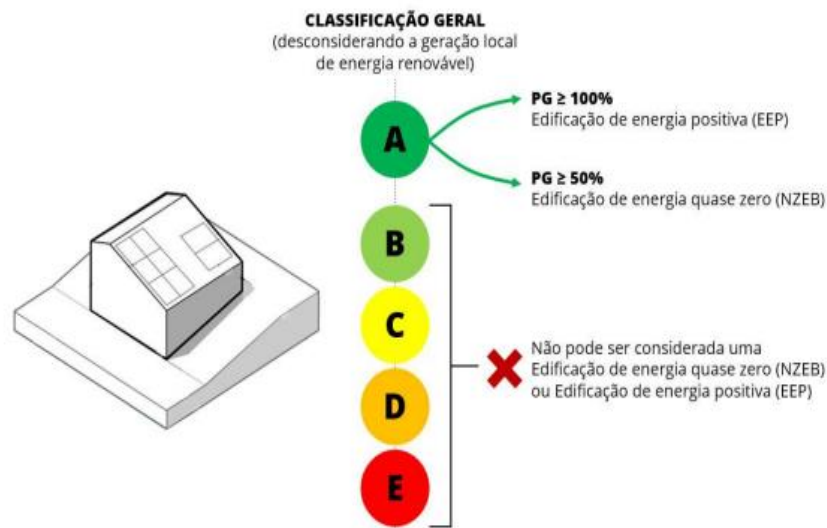
$$N_{mod_{max_operação}} = \frac{V_{mp_{max_inversor}}}{V_{mp_{mod}}} \quad (3.13)$$

3.7 Edificações de Energia Quase Zero (NZEBs)

Para realizar a avaliação da edificação quanto ao critério de Edificações de Energia Quase Zero (NZEBs), é necessário determinar o valor referente à geração local de energia renovável e os consumos de energia elétrica e térmica. Como a edificação em questão não existe o sistema de aquecimento de água são desconsideradas as etapas que envolvem esse sistema.

Para receber a classificação é necessário que a edificação também seja eficiente energeticamente; ou seja, deve atingir a classificação A de eficiência energética na sua classificação geral. A Figura 3.12, a seguir, apresenta os critérios de classificação de NZEB.

Figura 3.12 - Critérios de classificação de NZEB.



Fonte: INI-C, 2022.

Essa exigência da normativa existe para garantir que uma edificação com alto desperdício de energia compense sua ineficiência com uma grande instalação de painéis fotovoltaicos. Partindo do princípio de primeiro reduzir o consumo ao máximo, depois suprir o consumo restante com fontes renováveis.

Para dimensionar o sistema fotovoltaico foi considerado o suprimento de quase 100% do consumo da edificação. Isso foi feito para que não houvesse uma injeção alta na rede, considerando que o consumo da edificação é maior no horário de pico de geração.

Com o dimensionamento de geração são feitos os cálculos para determinar o Potencial de Geração (PG) em energia primária.

A energia primária representa a quantidade de energia bruta extraída da natureza (gás natural, petróleo, urânio, potencial hidráulico, radiação solar) para produzir a energia final que chega ao consumidor. A conversão de energia primária em energia final (eletricidade na tomada, por exemplo) envolve perdas significativas em geração, transmissão e distribuição.

A Equação 3.10 apresenta o cálculo para definir o PG.

$$PG = \left(\frac{G_{EE} * f_{cE}}{(C_{EE,real} * f_{cE}) + (C_{ET,real} * f_{cT})} \right) * 100 \quad (3.14)$$

Onde:

PG é o potencial de geração de energia (%);

GEE é a energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);

CEE,real é o consumo total de energia elétrica da edificação na condição real (kWh/ano);

CET,real é o consumo total de energia térmica da edificação na condição real (kWh/ano);

fcE é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

fcT é o fator de conversão de energia térmica em energia primária.

A edificação pode ser considerada NZEB quando o potencial de geração de energia (PG) obtido for igual ou maior a 50%.

3.8 Considerações finais

Ao longo deste capítulo, foi delineada a metodologia para obter os resultados de avaliação de eficiência energética de todos os sistemas avaliados em geral através da simulação termoenergética. Foram mostrados o passo-a-passo para dimensionamento fotovoltaico e a classificação da edificação em NZEB.

Adiante, apresenta-se a edificação e os dados obtidos para *input* da simulação.

4. LABORATÓRIO DE ENGENHARIAS ELÉTRICA, DA COMPUTAÇÃO, DE TELECOMUNICAÇÕES E BIOMÉDICA (LEECT-BIO)

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo visa apresentar o edifício escolhido para o estudo de caso, detalhando cada um dos seus sistemas. A visita técnica efetuada em 2024 permitiu coletar dados construtivos e operacionais do prédio, que foram organizados e processados para apoiar as análises desta pesquisa.

O processo incluiu a coleta de dados sobre os aspectos arquitetônicos, estruturais, de climatização e de iluminação importantes para avaliar o desempenho energético do edifício segundo a INI-C. A organização destas informações permitiu criar uma descrição precisa do edifício para aplicar as metodologias de simulação e análise propostas nos próximos capítulos.

4.2 Apresentação do estudo de caso

O Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica (LEECT-BIO) (Figura 4.1) está situado no Campus Guamá da Universidade Federal do Pará (UFPA) e faz parte da Faculdade de Engenharias Elétrica e Biomédica (FEEB). Inaugurado em 1977 com o nome de Laboratório de Eletricidade e Eletrônica (LEE), o prédio foi crescendo ao longo do tempo, acompanhando a evolução da universidade e da própria engenharia. Uma das grandes transformações ocorreu em 2012, com a implantação do curso de Engenharia Biomédica, que ampliou ainda mais as possibilidades de ensino, pesquisa e inovação (UFPA, 2024).

Figura 4.1 - Entrada principal do prédio LEECT-BIO.

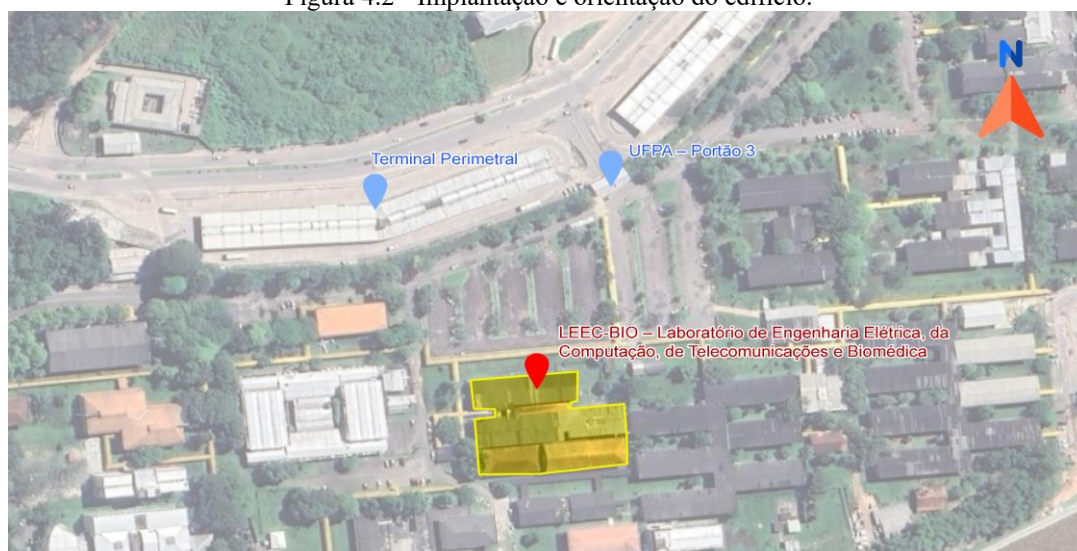


Fonte: Acervo LABSim, 2024.

O prédio passou por uma significativa ampliação em 2023 com a inauguração do novo Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência em Geração Distribuída (Lab. SEP-GD), resultando em um acréscimo de cerca de 650 m² à área total, o que representa um aumento superior a 25% em relação ao espaço anteriormente utilizado. Essa nova estrutura incorporou sete salas destinadas a professores, uma sala de capacitação, três laboratórios voltados ao ensino, pesquisa e extensão, além de salas de apoio para funções como almoxarifado e prototipagem. Também foram incluídos banheiros adaptados para pessoas com deficiência (PCDs) e um elevador para cadeirantes, garantindo acessibilidade e melhoria na infraestrutura do edifício (UFPA, 2024).

O edifício está localizado no Campus Guamá da UFPA, setor profissional, próximo ao Terminal Rodoviário da Av. Perimetral. A edificação é dividida em três blocos de dois pavimentos e um anexo térreo entre blocos. Os blocos apresentam suas fachadas de maior área voltadas no sentido norte-sul, como mostra a Figura 4.2.

Figura 4.2 - Implantação e orientação do edifício.

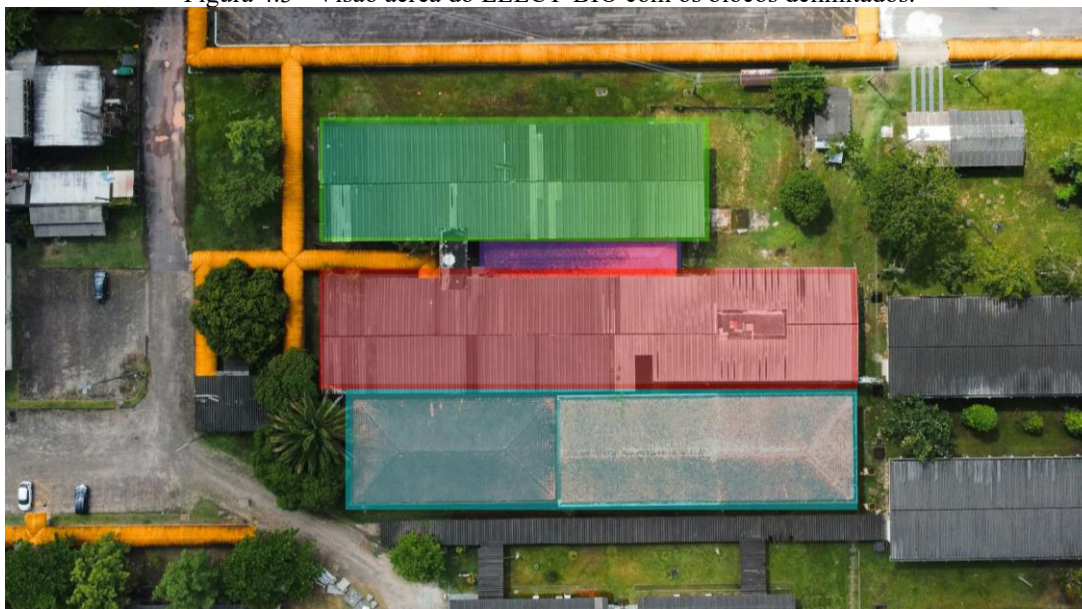


Fonte: Imagem editada do *Google Earth*, 2024.

Para a realização da presente avaliação, optou-se por subdividir a edificação em quatro blocos distintos. Essa estratégia foi adotada em virtude da complexidade arquitetônica do edifício e das limitações relacionadas à capacidade de processamento computacional exigida pelas simulações termoenergéticas. A modelagem de grandes volumes espaciais em um único modelo pode comprometer o desempenho das simulações, além de dificultar a análise detalhada dos resultados. A divisão em blocos permite maior precisão na definição dos parâmetros construtivos e operacionais de cada setor, contribuindo para uma representação mais fiel do comportamento térmico da edificação como um todo.

A Figura 4.3 ilustra, de forma esquemática, a segmentação da edificação. Os blocos foram representados por cores específicas para melhor visualização: Bloco 1 em verde, Bloco 2 em roxo, Bloco 3 em vermelho e Bloco 4 em azul.

Figura 4.3 - Visão aérea do LEECT-BIO com os blocos delimitados.



Fonte: Autora, 2024.

Foram realizados levantamentos *in loco* no ano de 2024 para obtenção das informações de todos os sistemas a serem avaliados: Envoltória, Sistema de iluminação e Sistema de condicionamento de ar. O sistema de aquecimento de água não se aplica a edificação pela ausência de pontos de consumo de água quente na edificação.

4.3 Envoltória

Para a análise da edificação LEECT-BIO, foi realizado um levantamento técnico dos principais elementos construtivos que compõem sua estrutura, vedação, revestimentos e esquadrias. O objetivo deste levantamento foi documentar, de forma detalhada, as características físicas da construção e posteriormente realizar a atualização do projeto arquitetônico da edificação. A coleta dessas informações é essencial para uma modelagem mais assertiva e dados mais confiáveis da simulação termoenergética.

O sistema estrutural da edificação LEECT-BIO é composto por elementos de concreto armado, sendo formado por lajes, pilares e vigas que sustentam toda a construção. Esse conjunto estrutural é responsável por garantir a estabilidade e a resistência do edifício.

As paredes da construção são formadas por blocos cerâmicos com seis furos. Essas alvenarias são revestidas com argamassa tanto interna quanto externamente. Destaca-se que,

nas fachadas voltadas para os lados oeste e leste, há ainda uma camada adicional de revestimento externo feito com tijolinho, o que confere um aspecto diferenciado a essas faces da edificação.

O piso do edifício é constituído por uma sequência de camadas. A base é formada por concreto, sobre o qual é aplicado o contrapiso que prepara a superfície para receber o acabamento final. Esse acabamento varia entre dois tipos principais: porcelanato ou korodur, que é mais resistente ao desgaste.

A cobertura varia de acordo com o setor do prédio, sendo composta por telhas cerâmicas em algumas áreas e telhas de fibrocimento em outras.

Com relação às esquadrias, portas e janelas, observou-se uma diversidade de modelos, tanto em termos de materiais utilizados quanto de dimensões e altura de peitoril. De forma geral, nos ambientes mais antigos do prédio, predominam portas e janelas confeccionadas em madeira e vidro. Já nos setores que passaram por reformas mais recentes ou que foram construídos posteriormente, é comum a presença de janelas feitas de alumínio com vidro e portas fabricadas em MDF ou também em vidro.

Quanto ao tipo de abertura, foi constatado que as janelas são, em sua maioria, do tipo basculante, permitindo ventilação constante mesmo quando parcialmente fechadas. As portas, por sua vez, seguem majoritariamente o modelo de abrir, com dobradiças laterais. Em algumas áreas reformadas é possível encontrar portas de MDF e de vidro com abertura de correr.

As Figuras 4.4 (a - d), a seguir, apresentam as esquadrias encontradas *in loco*.

Figura 4.4 - Esquadrias identificadas no LEECT-BIO.



(a) Janela de alumínio com vidro abertura tipo basculantes no corredor térreo do Bloco 1

(b) Janela de madeira com vidro abertura tipo basculantes no corredor superior do Bloco 1.



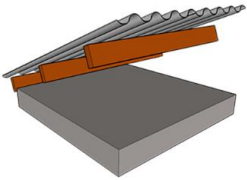
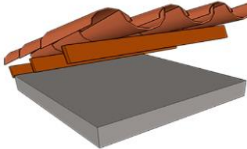
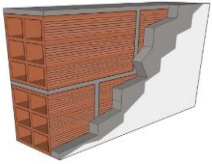
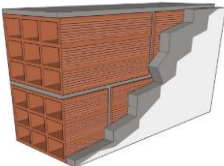
(c) Porta de vidro abertura tipo de abrir no corredor térreo do Bloco 3.

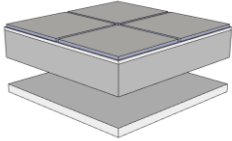

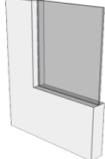

(d) Porta de madeira abertura tipo abrir no corredor inferior do Bloco 1

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Foram levantados todos os materiais construtivos da edificação e as camadas que os compõem. Essas informações foram utilizadas para a atualização do projeto arquitetônico e para a modelagem da edificação. A Tabela 4.1 mostra todos os elementos construtivos.

Tabela 4.1 - Materiais construtivos LEECT-BIO.

Elemento	Modelo	Tipo	Camadas
Cobertura		Fibrocimento	Fibrocimento (0,8 cm) Câmara de ar Laje Maciça (10 cm)
		Cerâmica	Telha cerâmica (1 cm) Câmara de ar Laje Maciça (10 cm)
Parede		Bloco de 6 furos 9x14x24	Argamassa interna e externa (2,5 cm) Bloco de 6 furos
		Bloco de 9 furos 14x19x29	Argamassa interna e externa (2,5 cm) Bloco de 9 furos Argamassa interna e externa (2,5 cm) Bloco de 9 furos Revestimento de tijolinho externo

Elemento	Modelo	Tipo	Camadas
Piso		Piso cerâmico	Piso cerâmico (0,75 cm) Contrapiso (2 cm) Concreto (10 cm)
Forro		PVC	Forro PVC (1 cm)
Janela		Vidro	Vidro simples incolor 6mm
Portas		Madeira	Madeira (3 cm)

Fonte: Adaptado do Projeteec, 2025.

As atividades desenvolvidas na edificação e as horas de uso de cada ambiente foram levantadas com auxílios dos técnicos responsáveis pelo LEECT-BIO. Na Tabela 4.2 indica-se os espaços e o horário de funcionamento de cada ambiente, além de apresentar em porcentagem o uso dos espaços dentro das horas de ocupação.

Tabela 4.2 - Valores de referência de ocupação.

VALORES DE REFERÊNCIA		
Horas de ocupação(horas)	Auditório	13-17h, 50%
	Banheiro	8-17h, 50%
	Circulação	8-17h, 100%
	Depósito	8-17h, 100%
	Escritório	8-17h, 30%
	Laboratório	8-12h, 50%
	Sala De Aula	12-14h, 100%
	Sala De Espera / Convivência	12-14h, 100%
Dias de ocupação	200	

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Os horários de funcionamento dos espaços foram definidos com base em seu uso, sendo que a porcentagem indicada representa o tempo de operação do sistema de iluminação dentro desse intervalo.

No total os 4 blocos somam 157 ambientes divididos em laboratórios, salas de professor, circulação, áreas técnicas, salas de aula, secretarias e dois espaços sem atividade definida por estarem sem uso. Com destaque para os laboratórios e salas de professores que compõem 42% da edificação e tem o seu uso como escritório.

As tabelas do Anexo A da INI-C definem os parâmetros de condição de referência para cada tipologia, com base nas tipologias predefinidas foram atribuídas as tipologias de cada bloco, a Tabela 4.3 apresenta essas informações por bloco.

Tabela 4.3 - Tipologia dos blocos e valores de referência LEECT-BIO.

Bloco	Tabela	Valores de referência					
		PAF	DPI	Ocupação	DPE	Horas de Ocupação	Dias de Ocupação
1	A.1 - Escritórios	0,5	14,1	10	15	10	260
2	Tabela A.2 - Educacionais (Ensino Superior)	0,4	15,5	1,5	15	8	200
3	A.1 - Escritórios	0,5	14,1	10	15	10	260
4	A.1 - Escritórios	0,5	14,1	10	15	10	260

Fonte: Adaptado da INI-C, 2022.

4.4 Sistema de iluminação

A Tabela 4.4, elaborada com base nas informações obtidas durante a etapa de levantamento técnico, apresenta de forma organizada as características principais das lâmpadas e luminárias instaladas na edificação. Nesse quadro, estão agrupadas propriedades relevantes para a análise do sistema de iluminação, tais como a potência nominal, o fluxo luminoso, a temperatura de cor e a quantidade de lâmpadas identificadas em cada ambiente.

Tabela 4.4 - Lâmpadas que compõem o sistema de iluminação do LEECT-BIO.

Fabricante	Tipo	Lâmpada	Temperatura de cor (K)	Potência (W)	Fluxo luminoso (Lm)	Quant. total de lâmpadas	Quant. de lâmpadas queimadas	Eficiência luminosa (Lm/W)
Osram	Fluorescente	G13	4000	32	2500	58	14	78,13
Empalux	Fluorescente	G13	6400	36	2600	134	42	72,22
Empalux	LED	G13	6500	18	1800	56	6	100
Philips	Fluorescente	G13	4100	32	2350	36	10	73,44
Philbra	LED	LED integrado	6500	30	2500	4	0	83,33
Empalux	Fluorescente	E27	6400	46	2760	4	0	60

Fabricante	Tipo	Lâmpada	Temperatura de cor (K)	Potência (W)	Fluxo luminoso (Lm)	Quant. total de lâmpadas	Quant. de lâmpadas queimadas	Eficiência luminosa (Lm/W)
Marca Desconhecida	LED	G13	6500	18	1850	38	10	102,78
Glight	LED	G13	6500	20	1860	198	20	93
JNH iluminação	LED	G13	6500	20	1850	12	0	92,5
Empalux	Fluorescente	G13	6400	40	2500	206	80	62,5
Elgin	LED	G13	6500	20	1850	12	3	92,5
Ultraluz	LED	E27	6500	20	1600	3	0	80
Empalux	LED	G13	6500	20	1850	65	0	92,5
Intral	LED	G13	6500	17	2000	8	2	117,65
Marca Desconhecida	LED	LED integrado	6500	20	1800	13	1	90
Ecolume	Fluorescente	G13	6400	40	2600	16	8	65
General Electronics	Fluorescente	G13	4100	32	2950	38	2	92,19
Demape 18	LED	G13	6500	18	1620	18	0	90
Avant	Fluorescente	G13	6400	40	3000	12	0	75
Taschibra	LED	E27	6500	40	3200	3	0	80
Ourolux	LED	G13	6500	15	810	36	4	54
Kian	LED	E27	6000	9	810	25	1	90
Osram	LED	G13	4000	19	2500	8	2	131,58
Avant	LED	E27	6500	7	640	14	5	91,43
Brilia	LED	G13	4000	18	1850	6	0	102,78
Ecolux	Fluorescente	G13	5000	32	2900	68	5	90,63
Empalux	LED	G13	6500	10	950	10	2	95
Blumenau	LED	G13	4000	18	1850	88	0	102,78
Alumbra	LED	G13	6000	20	1850	18	9	92,5
Empalux	LED	G13	5000	16	900	2	0	56,25
Philips	LED	LED integrado	6000	18	1170	12	0	65
Marca Desconhecida	LED	LED integrado	6500	36	2880	5	0	80
Avant	LED	G13	6500	18	1850	54	3	102,78
Taschibra	LED	Refletor	6500	50	4000	2	0	80

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Algumas marcas de lâmpadas não foram encontradas, isso se dá pelos fatores de desgaste, sujeira e tempo de uso do equipamento, resultando no não reconhecimento do fabricante.

Com esses dados, é possível realizar uma avaliação mais precisa da distribuição da carga instalada no sistema de iluminação ao longo dos diferentes espaços da edificação, possibilitando, por exemplo, a identificação de áreas com maior consumo energético ou com potencial para retrofit. Além disso, o quadro inclui o cálculo da eficiência energética de cada modelo de lâmpada, obtido a partir da razão entre o fluxo luminoso (em lúmens) e a potência (em watts), conforme os dados coletados durante os levantamentos.

A eficiência energética das lâmpadas, expressa em lúmens por watt (lm/W), é um parâmetro fundamental para a análise do desempenho do sistema de iluminação, pois permite estimar o quanto de luz útil é fornecida por unidade de energia consumida. Cabe destacar que esse valor representa uma eficiência ideal, uma vez que não considera a degradação do fluxo luminoso ao longo do tempo de uso da lâmpada, tampouco perdas associadas ao tipo de luminária e ao arranjo espacial adotado.

A maioria das lâmpadas encontradas no local são LED, porém ao comparar a potência que essa parcela de lâmpadas contribui para o consumo dessa edificação, o LED representa apenas 45% de toda a carga instalada. O gráfico 4.1 apresenta a potência instalada total no prédio, diferenciando entre as lâmpadas de LED e as lâmpadas fluorescentes. O gráfico exibido no gráfico 4.2 traz a quantidade total de lâmpadas instaladas no LEECT-BIO.

Gráfico 4.1 - Comparação entre a potência em uso de LED e fluorescente do sistema de iluminação do LEECT-BIO.

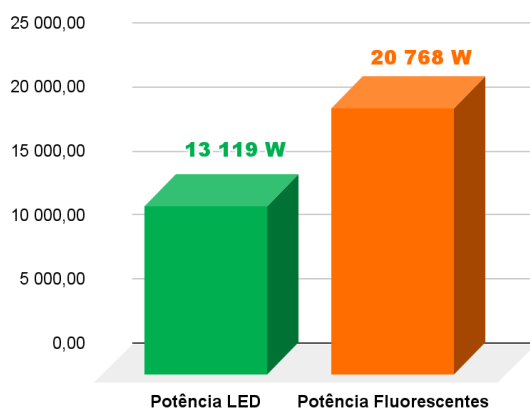
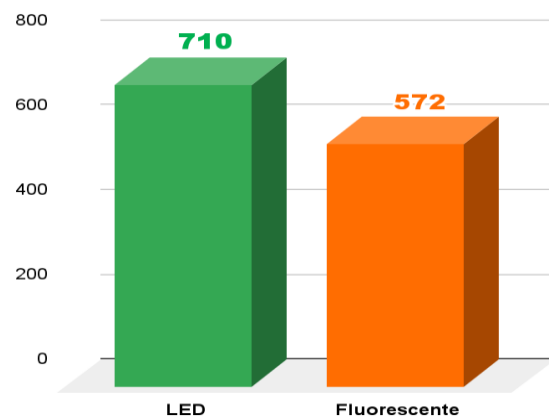


Gráfico 4.2 - Comparação entre a quantidade de lâmpadas em uso de LED e fluorescente do sistema de iluminação do LEECT-BIO.



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A partir dos gráficos de quantidade de lâmpadas e potência instalada, a Tabela 4.5 calcula o percentual do tipo de lâmpada instalada e compara a razão entre a potência total instalada e quantidade de lâmpadas para os dois tipos presentes.

Tabela 4.5 - Comparação de potência instalada por tipo de lâmpada.

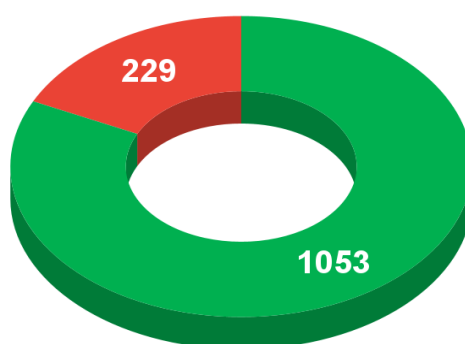
Tipo	Quantidade	(%)	Potência/Lâmpada (W)
LED	710	55	18
Fluorescente	572	45	36

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Pode-se verificar que embora a quantidade de lâmpadas LED seja maior, a potência que elas necessitam para operar é cerca de 2 vezes menor que a potência requerida para o funcionamento das lâmpadas fluorescentes.

No total, existem 1282 lâmpadas na edificação, sendo 1053 lâmpadas em funcionamento e 229 lâmpadas defeituosas, representando 18% defeituosas, o gráfico 4.3 mostra esses dados. Os ambientes que possuem lâmpadas queimadas e/ou com defeito tem penalidade no momento do cálculo da classificação de eficiência.

Gráfico 4.3 - Lâmpadas totais em funcionamento e defeituosas do LEEC-BIO.



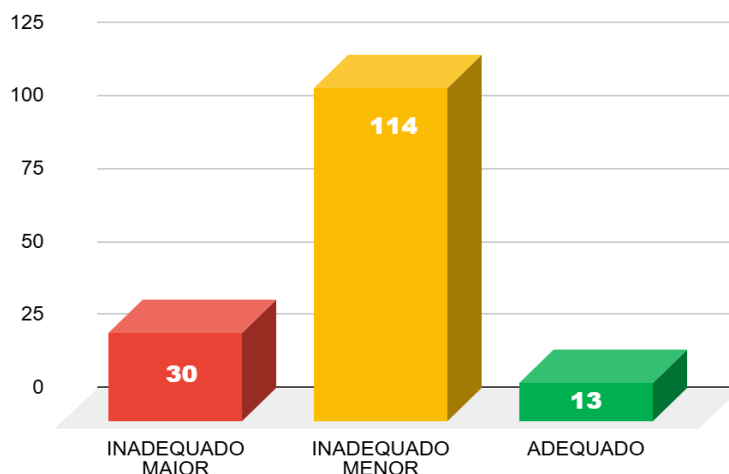
● Lâmpadas funcionando ● Lâmpadas Queimadas/Defeituosas

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Outro ponto levantado é a falta de conformidade com a ABNT NBR 8995 - Iluminação em Ambientes de Trabalho, que estabelece os requisitos mínimos para a quantidade de luz no ambiente de trabalho, com o objetivo de garantir a segurança, a saúde e o bem-estar dos usuários. Aplicando-se os parâmetros da norma, apenas 12 dos 157 espaços apresentam a iluminação apropriada, a relação de todos os espaços está no ANEXO 3.O Gráfico 4.4 mostra

a quantidade de salas que estão adequadas, inadequadas maior, inadequadas menor em relação à norma ABNT NBR 8995.

Gráfico 4.4 - Adequação da Iluminância dos ambientes do LEEC-BIO.



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Apenas 8% dos ambientes apresentam conformidade com a necessidade de luminosidade da atividade desenvolvida no local. Os ambientes classificados como INADEQUADO MAIOR (19% dos ambientes) são ambientes que a iluminância é maior que o necessário, nesse caso há um uso maior de energia elétrica desnecessária além de que uma iluminação maior que a determinada pela norma pode causar desconforto visual e cansaço na visão. Os demais são classificados como INADEQUADO MENOR (73% dos ambientes).

Os espaços com maior inadequação são as salas com função de escritório e laboratório, isso ocorre pois o sistema de iluminação da edificação está subdimensionado, ou seja, a quantidade de luminárias nos ambientes é menor do que recomendado pela norma, acarretando dificuldades para o usuário em utilizar os ambientes de forma confortável.

Além de prejudicar as atividades realizadas nesta edificação, o subdimensionamento do sistema também influencia na etiquetagem da edificação, pois está sendo utilizado menos potência nos sistemas de iluminação do que é o recomendado para se ter o conforto lumínico apresentando resultados falsos de eficiência no sistema.

4.5 Sistema de condicionamento de ar

Durante as visitas ao prédio do Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica, também foi realizado o levantamento das principais características dos condicionadores de ar, como: marca, modelo, classificação Inmetro,

capacidade térmica em BTU/h, entre outras. Foram encontrados 124 condicionadores de ar no total, de 12 marcas diferentes, que são: Agratto, Carrier, Consul, Electrolux, Elgin, Gree, Komeco, LG, Philco, Springer Midea, Totaline e York. A Figura 4.5 (a-b) mostra alguns dos modelos encontrados

Figura 4.5 - Exemplos de aparelhos de condicionamento de ar do LEECT-BIO.



(a) Ar-condicionado tipo Split Bloco 1.

(b) Ar-condicionado tipo Split Bloco 3.

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

O levantamento foi realizado a partir de registros fotográficos dos equipamentos, de suas especificações e dos suas ENCE, visando facilitar a organização dos dados coletados e as etapas seguintes do processo de etiquetagem.

Todos os dados disponíveis dos equipamentos de condicionamento de ar presentes na edificação foram coletados *in loco* durante o levantamento, ou por meio da leitura dos manuais disponibilizados na internet, encontrados a partir do modelo de cada máquina.

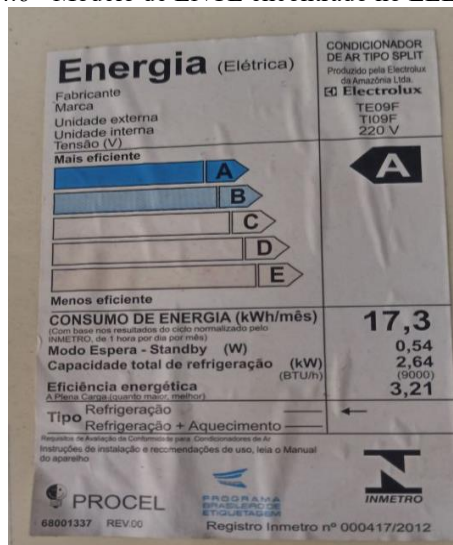
Para a análise de eficiência energética no âmbito dos condicionadores de ar há fatores de relevância a serem analisados, dentre os quais podem ser destacados:

- A capacidade térmica, dada em BTU/h, corresponde à medição da potência de resfriamento que tem cada aparelho.
- O COP (Coeficiente de Desempenho) e o IDRS (Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal), que são coeficientes de eficiência energética utilizados pela INI-C para indicar o nível de eficiência de cada máquina e, posteriormente, atribuir uma classificação que deve acompanhar os aparelhos.

Verificada a presença de máquinas de condicionamento de ar operantes de classificação A, B, C e D. Essas informações foram obtidas através de etiquetas presentes nas máquinas ou a partir da verificação dos dados disponíveis em pesquisas realizadas de acordo com o seu modelo.

É válido ressaltar que muitos condicionadores de ar encontrados no LEECT-BIO ainda apresentam etiquetas (Figura 4.6) desatualizadas em relação aos atuais requisitos da classificação Inmetro, os quais sofrem alterações periodicamente por conta do surgimento de novas tecnologias associadas à eficiência energética nos sistemas de condicionamento de ar. Além do fato de que, pelo tempo de uso, uma parcela considerável dessas máquinas já não opera mais como deveria, reduzindo, portanto, seus índices de eficiência.

Figura 4.6 - Modelo de ENCE encontrado no LEECT-BIO.



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Considerando que a classificação dos aparelhos de ar-condicionado atualmente é baseada em parâmetros mínimos de eficiência energética estabelecidos pela Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020, foi realizada a equivalência dos modelos encontrados na edificação para os índices atuais baseada nos valores da Tabela 4.6, a seguir.

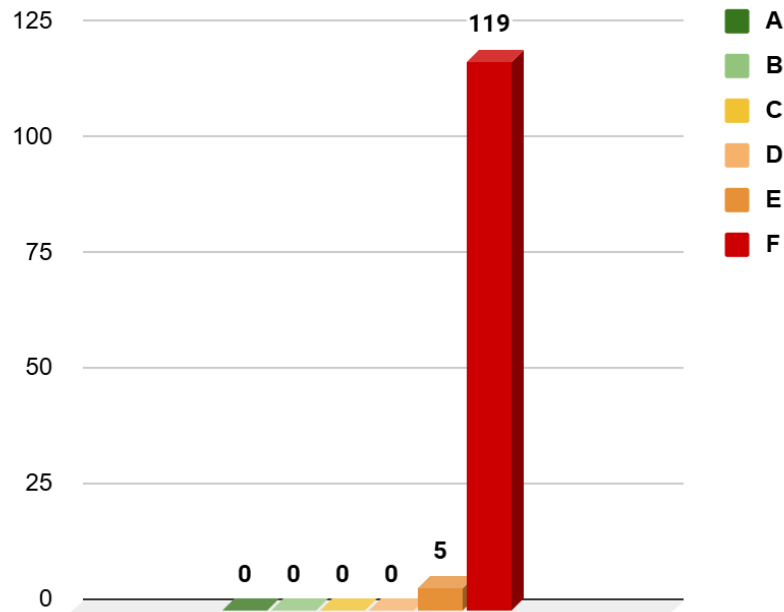
Tabela 4.6 - Eficiência mínima exigida para classificação de aparelhos de condicionamento de ar.

Classes	IDRS (Wh/Wh)	
	Etapa I (31/12/2022 a 30/12/2025)	Etapa II (a partir de 31/12/2025)
A	5,5	7,0
B	5,0	6,0
C	4,5	5,3
D	4,0	4,6
E	3,5	3,9
F	3,14	3,5

Fonte: Portaria INMETRO Nº 309/2022.

Todas as máquinas da edificação apresentam desempenho “E” e “F” considerando os parâmetros atuais de classificação de eficiência energética. No Gráfico 4.5 constam as classificações das máquinas encontradas na edificação.

Gráfico 4.5 - Nº de condicionadores de ar por classificação na condição real do LEECT-BIO.



Fonte: Acervo LABSim, 2024.

4.6 Considerações finais

No capítulo em questão, o Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica (LEECT-BIO) foi detalhado, abordando os atributos de sua estrutura, o projeto de iluminação e o sistema de climatização. Tais sistemas são fundamentais para a análise seguindo os critérios da INI-C.

Adiante, são expostos os resultados relativos ao desempenho energético do edifício em uso e as ações indispensáveis para alcançar a certificação de nível A em eficiência energética.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Classificação de eficiência energética dos sistemas

A partir dos relatórios gerados ao final das simulações computacionais, determinaram-se os valores de usos finais do consumo de eletricidade e de carga térmica para cada bloco da edificação em três modelos distintos: o modelo real, o modelo de referência e o modelo proposto.

Os resultados obtidos foram divididos em duas etapas. A comparação do modelo de referência com o modelo real e o modelo de referência comparado com o proposto. Além disso, foi proposto um dimensionamento para a instalação de sistema fotovoltaico considerando o novo consumo após a aplicação das Medidas de Eficiência Energética (MEE).

Os dados de carga térmica obtidos pela simulação foram colocados em tabelas com cada bloco separadamente, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5.1 – Distribuição da carga térmica anual no modelo REAL e de REFERÊNCIA do LEECT-BIO.

Bloco	CgT REAL (kWh/ano)	CgT REF (kWh/ano)
Bloco 1	153.966,28	176.524,79
Bloco 2	34.943,14	39.517,44
Bloco 3	137.395,66	164.923,14
Bloco 4	128.649,25	163.533,37
Total	454.954,33	544.498,74

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A partir dos resultados da simulação, é feita a avaliação da eficiência energética da envoltória do prédio do LEECT-BIO. Para a envoltória, é necessário que seja determinado o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação (RedCgTT) a partir da comparação da carga térmica total anual do prédio na condição real com a condição de referência, conforme a Equação 3.1, já apresentada.

A classificação de eficiência depende de uma tabela de limites dos intervalos das classificações de eficiência energética. Para a envoltória, este quadro é construído a partir dos dados de área e volume da edificação, assim como a zona bioclimática (ZB8) em que o prédio está inserido.

Dessa forma, elaborou-se a Tabela 5.2 para agrupar todas as informações relevantes para a determinação dos limites dos intervalos de classificação de eficiência energética da envoltória.

Tabela 5.2 – Dados para determinar a classificação de eficiência energética da envoltória.

Bloco	Área de envoltória (m ²)	Volume total (V ³)	Fator de Forma (FF)	CRCgTTD-A	Intervalo de classificação (i)
Bloco 1	1.348,80	3.614,40	0,37	0,18	6,00
Bloco 2	318,47	390,18	0,82	0,10	3,33
Bloco 3	2.018,19	5.465,52	0,37	0,18	6,00
Bloco 4	1.904,45	5.438,70	0,35	0,18	6,00

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Para a envoltória alcançar a classificação A de eficiência energética, o valor do RedCgTT deve ser superior a 3 vezes o valor do intervalo de classificação. Todos os demais limites foram organizados na Tabela 5.3. A partir desse quadro, é possível determinar o nível atual de eficiência energética para a envoltória do edifício.

Tabela 5.3 - Intervalos de classificação da envoltória do LEECT-BIO.

BLOCO	RedCgTT (%)				
	A	B	C	D	E
Bloco 1	RedCgTT > 18,0	18,0 ≥ RedCgTT > 12,0	12,0 ≥ RedCgTT > 6,0	6,0 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco 2	RedCgTT > 10,0	10,0 ≥ RedCgTT > 6,7	6,7 ≥ RedCgTT > 3,3	3,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco 3	RedCgTT > 18,0	18,0 ≥ RedCgTT > 12,0	12,0 ≥ RedCgTT > 6,0	6,0 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco 4	RedCgTT > 18,0	18,0 ≥ RedCgTT > 12,0	12,0 ≥ RedCgTT > 6,0	6,0 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Calcula-se o percentual de redução da carga térmica total anual da edificação para cada um dos blocos da edificação e a classificação final do sistema de envoltória para cada bloco é mostrado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Redução da carga térmica do LEECT-BIO REAL

Bloco	RedCgTT (%)	Selo Procel
Bloco 1	12,78	Classificação B
Bloco 2	11,58	Classificação A
Bloco 3	16,90	Classificação B
Bloco 4	21,33	Classificação A

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A determinação do percentual de redução do consumo de iluminação (RedCIL) deve ser realizada a partir dos valores do consumo de iluminação da edificação na sua condição real

(CIL,real), e condição de referência (CIL,refD), seguindo a Equação 3.3. Os valores encontrados por meio da simulação foram sintetizados na Tabela 5.5, a seguir.

Tabela 5.5 - Consumo do sistema de iluminação nas condições do modelo REAL e de REFERÊNCIA do LEECT-BIO.

Bloco	CIL,real (kWh/ano)	CIL,refA (kWh/ano)	CIL,refD (kWh/ano)
Bloco 1	11.234,49	9.741,52	16.289,19
Bloco 2	513,04	511,55	779,19
Bloco 3	19.095,38	19.039,70	26.347,74
Bloco 4	18.322,92	18.269,48	25.281,89
Total	39.063,24	47.562,25	68.698,01

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Ao determinar o consumo anual nas condições de referência e real é possível determinar os valores limites de classificação da eficiência. Os limites foram definidos a partir da componente “i”. A Tabela 5.6 apresenta os intervalos de classificação de A a E.

Tabela 5.6 - Intervalos de classificação do sistema de iluminação do LEEC-BIO.

Bloco	RedCIL (%)				
	A	B	C	D	E
Blocos 1,2,3 e 4	RedCIL > 34,64	34,64 ≥ RedCIL > 23,09	23,1 ≥ RedCIL > 11,55	11,55 ≥ RedCIL ≥ 0	RedCIL < 0

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A classificação final do sistema é dada pelo percentual de Redução de Consumo do Sistema de Iluminação (RedCIL). Esse percentual utiliza os dados da Tabela 5.6, apresentada anteriormente. O RedCIL final da condição real do LEEC foi de 33,84%. Esse valor representa a porcentagem de energia elétrica consumida a menos que a condição de referência de classificação D. A Classificação final do sistema de iluminação do LEEC é B, como mostra a Tabela 5.7, a seguir:

Tabela 5.7 - Redução de consumo do sistema de iluminação do LEECT-BIO REAL.

Bloco	RedCIL (%)	Selo Procel
Bloco 1, 2, 3 e 4	33,84	Classificação B

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A determinação do percentual de redução do consumo de condicionamento de ar (RedCR) deve ser realizada a partir dos valores do consumo da edificação na sua condição real (CR,real), e condição de referência (CR,refD), seguindo a Equação 3.5. Os valores encontrados por meio da simulação foram sintetizados na Tabela 5.8, a seguir.

Tabela 5.8 - Consumo do sistema de condicionamento de ar no modelo REAL e de REFERÊNCIA do LEECT-

Bloco	BIO REAL	
	CR REAL (kWh/ano)	CR REF (kWh/ano)
Bloco 1	70.952,99	67.894,13
Bloco 2	20.566,82	15.199,02
Bloco 3	60.875,91	50.245,31
Bloco 4	66.617,96	59.975,84
Total	454.954,33	544.498,74

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Ao determinar o consumo anual nas condições de referência e real é possível determinar os valores limites de classificação da eficiência. Os limites foram definidos a partir da componente “i”. A Tabela 5.9 apresenta os intervalos de classificação de A a E.

Tabela 5.9 - Intervalos de classificação do sistema de condicionamento de ar do LEECT-BIO.

Bloco	RedCR (%)				
	A	B	C	D	E
Blocos 1,2,3 e 4	RedCR > 43	43 ≥ RedCgTT > 29	29 ≥ RedCgTT > 14	14 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A classificação final do sistema é dada pelo percentual de Redução de Consumo do Sistema de Condicionamento de Ar (RedCR). Esse percentual utiliza os dados da Tabela 5.9, apresentada anteriormente. O RedCR final variou para cada bloco, porém todos tiveram um percentual negativo. Esse valor representa a porcentagem de energia elétrica consumida a menos que a condição de referência de classificação D, ou seja, o modelo real consome mais que o caso de referência. A Classificação final do sistema de condicionamento de ar de todos os blocos ficou do LEECT é E, como mostra a Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Redução de consumo do sistema de condicionamento de ar do LEECT-BIO REAL.

Bloco	RedCR (%)	Selo Procel
Bloco 1	- 4,51%	Classificação E
Bloco 2	- 35,32%	Classificação E
Bloco 3	- 21,16%	Classificação E
Bloco 4	- 11,07%	Classificação E

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A classificação final da edificação é determinada pela porcentagem de redução de consumo de energia primária (RedCEP) entre a edificação real e de referência. Os valores são ponderações entre a energia elétrica e térmica consumidas, mas na edificação só existe consumo

de energia elétrica, por isso a segunda parte é desconsiderada. A Equação 3.7, mostra o cálculo da porcentagem de redução.

Ao determinar o consumo anual de energia primária nas condições de referência e real é possível determinar os valores limites de classificação da eficiência. Os limites foram definidos a partir da componente “i”. A Tabela 5.11 apresenta os intervalos de classificação de A a E.

Tabela 5.11 - Intervalos de classificação do consumo de energia primária do LEEC-BIO.

BLOCO	RedCEP (%)				
	A	B	C	D	E
Bloco 1	RedCgTT > 34,0	34,0 ≥ RedCgTT > 22,7	22,7 ≥ RedCgTT > 11,3	11,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco 2	RedCgTT > 35,0	35,0 ≥ RedCgTT > 23,3	23,3 ≥ RedCgTT > 11,7	11,7 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco 3	RedCgTT > 34,0	34,0 ≥ RedCgTT > 22,7	22,7 ≥ RedCgTT > 11,3	11,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0
Bloco 4	RedCgTT > 34,0	34,0 ≥ RedCgTT > 22,7	22,7 ≥ RedCgTT > 11,3	11,3 ≥ RedCgTT ≥ 0	RedCgTT < 0

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A classificação geral da edificação no caso atual dos blocos é apresentada na Tabela 5.12, a seguir:

Tabela 5.12 - Classificação geral do LEEC-BIO REAL

Bloco	RedCEP (%)	Selo Procel
Bloco 1	1,59	Classificação D
Bloco 2	-24,89	Classificação E
Bloco 3	1,92	Classificação D
Bloco 4	2,82	Classificação D

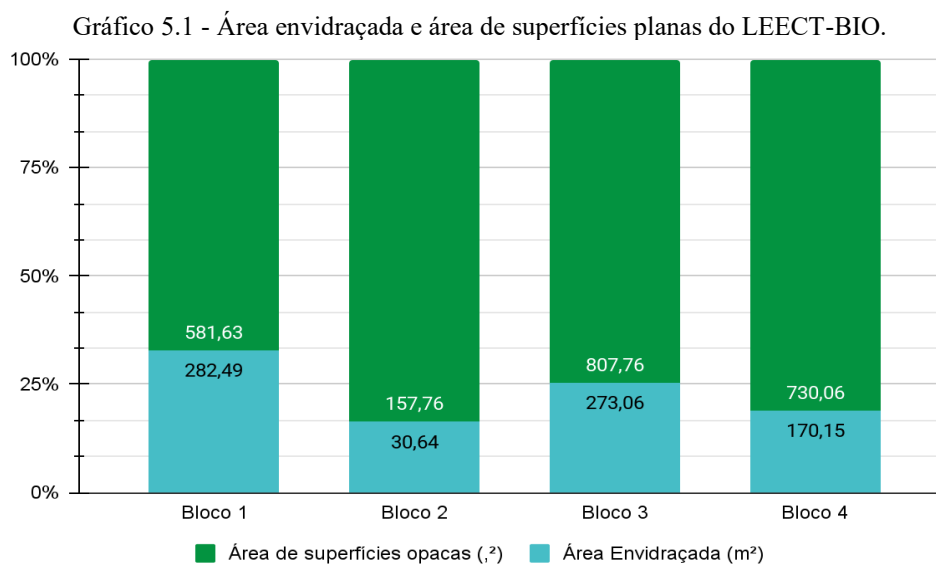
Fonte: Acervo LABSim, 2024.

Tendo em vista as classificações de eficiência energética menores que o nível A para a edificação ser elegível para a certificação NZEB foram propostas medidas de eficiência energética para adequação da edificação.

5.2 Medidas de eficiência energética

Os resultados da envoltória mostram que os Blocos 2 e 4 alcançaram a classificação de nível A de eficiência energética dentro dos parâmetros estabelecidos pela normativa, entretanto o resultado encontrado para os blocos 1 e 3 mostra a necessidade de melhorias para a envoltória da edificação.

Ao analisar as características físicas da envoltória, nota-se uma relação entre o percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAFT) e a classificação final. Quanto maior a área envidraçada do bloco, menor a redução de carga térmica alcançada.



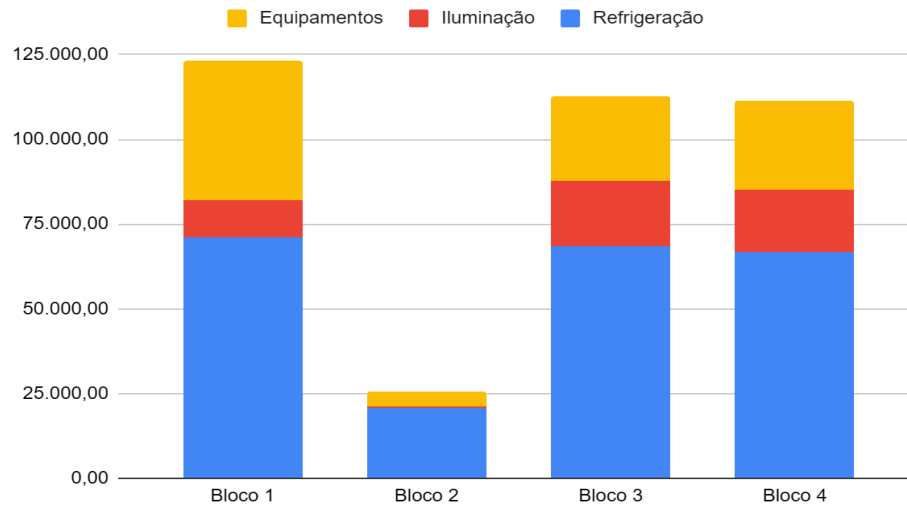
Os valores de percentual de área de abertura da fachada para as edificações de referência na metodologia da INI-C são iguais a 0,40 e 0,50 para as tipologias educacionais e de escritório, respectivamente. Logo, a maior área envidraçada encontrada no bloco 1 aproxima o prédio da classe D de eficiência energética. Diante dessa conclusão, a busca de soluções visando à melhoria da envoltória concentrou-se nos vidros das paredes externas do LEECT-BIO.

A substituição do telhado atual por um modelo termoacústico com isolamento em poliuretano representa um investimento que, além de preparar a estrutura de forma segura para a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica, gera uma economia de energia passiva e imediata. O novo telhado atua como uma eficiente barreira térmica, bloqueando o calor externo e reduzindo drasticamente a necessidade de uso do ar condicionado, o que diminui a demanda geral de energia da edificação.

Para o sistema de iluminação se constatou a necessidade da atualização do sistema para lâmpadas mais eficientes, pois 45% do sistema ainda é composto por fluorescente. A troca das lâmpadas traz a redução do consumo. Além disso, para o sistema foi proposta a colocação de sensores de presença em locais de permanência transitória (corredores e banheiros).

O Gráfico 5.2 apresenta o consumo de energia elétrica por tipo de sistema na condição real. A refrigeração contribui em 60,74% de todo o consumo da edificação e tem uma classificação de eficiência E.

Gráfico 5.2 - Consumo em quilowatt hora anual (kWh/ano)



Fonte: Autora, 2025.

Considerando o impacto no consumo, foi proposto a troca dos aparelhos de ar condicionado para modelos mais eficientes, ou seja, com IDRS mais altos.

A Tabela 5.13 apresenta as medidas adotadas em cada bloco analisado:

Tabela 5.13 - Medidas de eficiência proposta para cada bloco do LEEC-BIO.

Blocos	Medidas de Eficiência Energética				
	MEE 1	MEE 2	MEE 3	MEE 4	MEE 5
1	Troca dos vidros para "Cool-Lite KBT 140 6mm", ou similares, com transmitância = 3.516 W/m ² .K e fator solar de 0,359	Troca do telhado para termoacústico de poliuretano	Troca de Lâmpadas para diminuição da potência instalada	Instalação de sensores de presença em ambiente de baixa permanência	Troca de máquinas de ar condicionado por máquinas inverter com alto IDRS
2	Troca de Lâmpadas para diminuição da potência instalada	Troca do telhado para termoacústico de poliuretano	Troca de máquinas de ar condicionado por máquinas inverter com alto IDRS		
3	Troca dos vidros para "Cool-Lite KBT 140 6mm", ou similares, com transmitância = 3.516 W/m ² .K e fator solar de 0,359	Troca do telhado para termoacústico de poliuretano	Troca de Lâmpadas para diminuição da potência instalada	Instalação de sensores de presença em ambiente de baixa permanência	Troca de máquinas de ar condicionado por máquinas inverter com alto IDRS
4	Troca dos vidros para "Cool-Lite KBT 140 6mm", ou similares, com transmitância = 3.516 W/m ² .K e fator solar de 0,359	Troca do telhado para termoacústico de poliuretano	Troca de Lâmpadas para diminuição da potência instalada	Instalação de sensores de presença em ambiente de baixa permanência	Troca de máquinas de ar condicionado por máquinas inverter com alto IDRS

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

O vidro Cool-Lite KBT 140 6mm foi especificado a partir do Manual RAC: Catálogo de propriedades térmicas. Esse tipo de vidro é float incolor que recebe um revestimento pirolítico aplicado ainda durante o processo de fabricação, formando uma camada metálica que lhe confere propriedades de controle solar.

Esse tratamento permite que o material apresente um desempenho térmico superior ao do vidro comum, com transmitância térmica em torno de $3,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, valor típico de vidros simples com revestimento, e fator solar de aproximadamente 0,36, o que significa que apenas 36% da energia solar incidente atravessa o envidraçado (INMETRO, 2022).

Dessa forma, o vidro reduz significativamente a entrada de calor radiante no ambiente, melhorando o conforto térmico e contribuindo para a eficiência energética, especialmente em edificações localizadas em regiões de clima quente, sem comprometer a entrada de luz natural (INMETRO, 2022).

Após as medidas implementadas foi realizada simulação adotando os valores referentes aos materiais e as potências alcançadas com as mudanças dos equipamentos, obtendo-se a carga térmica total anual para cada bloco, conforme apresentado na Tabela 5.14..

Tabela 5.14 - Distribuição da carga térmica anual no modelo REAL e PROPOSTO do LEECT-BIO.

Bloco	CgT REAL (kWh/ano)	CgT PROP (kWh/ano)
Bloco 1	153.966,28	137.762,05
Bloco 2	34.943,14	30.523,45
Bloco 3	137.395,66	122.793,48
Bloco 4	128.649,25	99.548,24
Total	454.954,33	390.627,22

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A carga térmica da edificação foi reduzida em 14,14% com as intervenções propostas na envoltória. Esse parâmetro influencia diretamente o conforto térmico do ambiente e, por se tratar de uma edificação climatizada, também afeta o uso de sistemas de ar-condicionado.

A diminuição da carga térmica permite o dimensionamento de equipamentos de menor potência e, ao se optar por modelos com menores Índices de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), o potencial de redução no consumo energético do sistema torna-se ainda mais significativo.

A Tabela 5.15 apresenta o consumo de energia primária (kWh/ano) de todos os sistemas antes e depois das propostas de intervenção:

Tabela 5.15 - Consumo de energia primária geral dos sistemas em kWh/ano por bloco do LEECT-BIO.

Modelo	Sistema	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4	TOTAL
REAL	Refrigeração	70.952,99	20.566,82	68.484,20	66.617,96	226.621,97
	Iluminação	11.234,49	513,04	19.095,38	18.322,92	49.165,83
	Equipamentos	41.158,95	4.514,59	24.996,39	26.641,53	97.311,46
	Total	123.346,43	25.594,45	112.575,97	111.582,41	373.099,26
PROPOSTO	Refrigeração	27.096,67	6.446,86	26.918,39	23.117,80	83.579,72
	Iluminação	7.036,05	321,31	11.959,26	11.475,47	30.792,09
	Equipamentos	41.158,95	4.514,59	24.996,39	26.641,53	97.311,46
	Total	75.291,67	11.282,76	63.874,04	61.234,80	211.683,27

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A Tabela 5.16 apresenta a classificação geral da edificação considerando a proposta de intervenção.

Tabela 5.16 - Classificação geral da edificação no caso proposto

Bloco	RedCEP (%)	Selo Procel
Bloco 1	39,93	Classificação A
Bloco 2	44,94	Classificação A
Bloco 3	44,35	Classificação A
Bloco 4	46,67	Classificação A

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A implementação das MEE's possibilitou a redução do consumo de energia primária anual em 56,74% (161.415,99 kWh) comparando com a edificação real e garantiu a classificação A para todos os blocos e todos os sistemas.

Para garantir a obtenção da classificação A em todos os sistemas foram atendidos todos os pré-requisitos do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar, considerando a o sistema de split.



5.3 Obtenção da classificação de NZEB

Para a obtenção da classificação NZEB a edificação deve, após as medidas de eficiência energética, suprir pelo menos 50% do seu consumo com geração de energia renovável no local.

Para essa edificação foi considerado um sistema fotovoltaico instalado no telhado da edificação. O dimensionamento foi realizado a partir do consumo anual do modelo proposto (Tabela 5. 15).

O valor de 211.683,27 kWh (Tabela 5.17) de consumo anual foi considerado para o dimensionamento do sistema fotovoltaico. O sistema dimensionado é composto por 2 inversores de 60 kW e 253 módulos de 610 Wp. Totalizando em um sistema de sistema de 154,33 kWp com produção média mensal de 17.649,18 kWh. A Tabela 5.14 apresenta o modelo dos equipamentos e as quantidades.

Tabela 5.17 - Materiais construtivos LEECT-BIO.

TIPO	MODELO	QUANTIDADE
	Módulo fotovoltaico de 610W JINKO	256
	MAC60KTL3-X LV de 3 MPPT e 12 entradas totais - Growatt	2

Fonte: Acervo LABSim, 2024.

A Tabela 5.18 apresenta as informações técnicas dos módulos fotovoltaicos que compõem o sistema fotovoltaico.

Tabela 5.18 - Características técnicas do gerador

Fabricante	JINKO
Modelo	JKM610N-78HL4-BDV
Potência nominal – Pn [W]	610
Tensão de circuito aberto – Voc [V]	55,31
Corrente de curto circuito – Isc [A]	14,03
Tensão de máxima potência – Vpmp [V]	45,6
Corrente de máxima potência – Ipmp [A]	13,38
Eficiência [%]	21,82
Comprimento [m]	2,465
Largura [m]	1,134
Área [m ²]	2,80
Peso [kg]	34,6
Quantidade	256
Potência do gerador [kW]	156,16

Fonte: JINKO, 2024.

Os inversores do sistema foram dimensionados e selecionados com características técnicas compatíveis aos módulos fotovoltaicos adotados. Com isso, será instalado 2 inversores GROWATT MAX 60KTL3-XL2 de 60 kW, totalizando 120 kW. A Tabela 5.19 apresenta as informações técnicas do inversor.

Tabela 5.19 - Características técnicas do inversor

Fabricante	GROWATT
Modelo	MAX 60KTL3-XL2
Quantidade	2
Entrada (CC)	
Potência nominal – Pn [kW]	60
Máxima potência na entrada CC – Pmax-cc [kW]	90
Máxima tensão CC – Vcc-máx [V]	850
Máxima corrente CC – Icc-máx [A]	56,5
Máxima tensão MPPT – Vpmp-máx [V]	650
Mínima tensão MPPT – Vpmp-min [V]	370
Tensão CC de partida – Vcc-part [V]	195
Quantidade de Strings	16
Quantidade de entradas MPPT	8
Saída (CA)	
Potência nominal CA – Pca [kW]	60
Máxima potência na saída CA – Pca-máx [kW]	66
Máxima corrente na saída CA – Imáx-ca [A]	175
Tensão nominal CA – Vnon-ca [V]	220
Frequência nominal – Fn [Hz]	60
Máxima tensão CA – Vca-máx [V]	139,7
Mínima tensão CA – Vca-min [V]	101,6
THD de corrente [%]	< 3%
Fator de potência	± 0,8
Tipo de conexão – número de fases + neutro + terra	3+1+1
Eficiência máxima [%]	98,8

Fonte: GROWATT, 2024.

O quadro geral de microgeração é protegido por um disjuntor geral TRIPOLAR 400 A e cabeamento de cobre 0.6/1KV HEPR 2x3#95(95)T50mm².

Os módulos foram divididos em 16 *strings*, cada inversor recebeu oito *strings* com 16 painéis cada. Os módulos foram alocados nos Blocos 3 e 4, foi destinado 1 inversor para cada prédio. Na Figura 5.1 é possível ver as *strings* diferenciadas por cores.

Tabela 5.1 - Distribuição dos módulos fotovoltaicos nos Blocos 3 e 4.



Fonte: Autora, 2025.

Segundo o Anexo D da INI-C, a edificação pode ser considerada NZEB quando o potencial de geração de energia (PG) obtido for igual ou maior a 50%. Para isso foi calculado o PG desse sistema desconsiderando o consumo de energia térmica ($C_{ET,real}$), por não haver sistema de aquecimento de água na edificação.

$$PG = \left((G_{EE} * f_{ce}) / (C_{EE,real} * f_{ce}) + (C_{ET,real} * f_{ct}) \right) * 100 \quad (5.5)$$

$$PG = \left(((17.649,180 * 12) * 1,6) / (211.683,27 * 1,6) \right) * 100 \quad (5.6)$$

$$PG = 100\% \quad (5.7)$$

Foi alcançado um PG de 100%, portanto a edificação pode ser classificada como NZEB.

6. CONCLUSÃO

O estudo foi realizado no Laboratório de Engenharia Elétrica, da Computação, de Telecomunicações e Biomédica (LEECT-BIO) da Universidade Federal do Pará, com o intuito de analisar os sistemas que compõem a edificação através da simulação termoenergética e propor intervenções seguindo a normativa INI-C para obtenção da classificação geral da edificação em A e classificar o laboratório como uma edificação NZEB.

A análise inicial, feita a partir de visitas técnicas e simulações computacionais, revelou um cenário de baixa eficiência energética. O sistema de climatização se mostrou o maior responsável pelo consumo de energia, com equipamentos antigos e ineficientes que representavam mais de 60% da demanda elétrica.

O sistema de iluminação se apresentou ineficiente, com a maioria dos ambientes utilizando lâmpadas fluorescentes e apresentando níveis de iluminação inadequados em mais de 90% dos espaços.

Além disso, partes da envoltória do edifício, como fachadas com grandes áreas de vidro sem proteção solar, contribuem para o aumento da carga térmica.

Com as informações levantadas foi realizada a simulação termoenergética da edificação totalizando, inicialmente, em oito simulações, quatro para o modelo real da edificação e quatro para o de referência. Neste processo, a modelagem do edifício é feita através do *SketchUp* com o *plug-in* do *OpenStudio*, enquanto a análise energética e simulação da carga térmica é executada pela integração do *OpenStudio* e o *EnergyPlus*.

Como resultado da simulação, os blocos do edifício foram classificados com nível de eficiência "D" e "E", deixando clara a necessidade de melhorias.

Para mudar esse cenário, foram propostas Medidas de Eficiência Energética (MEEs) focadas nos pontos mais críticos. Entre elas, a substituição de vidros comuns por modelos com controle solar e a instalação de telhados termoacústicos para reduzir o calor nos ambientes.

No sistema de iluminação, todas as lâmpadas fluorescentes seriam trocadas por LEDs de alta eficiência, e sensores de presença seriam instalados em áreas de circulação.

A principal intervenção foi a troca completa dos aparelhos de ar-condicionado por modelos modernos com tecnologia inverter e alto desempenho energético com IDRS superior a 7,5.

As simulações realizadas com essas melhorias mostraram resultados significativos: uma redução de 56,74% no consumo anual de energia, o que representa uma economia de 161.415,99 kWh em relação ao cenário original.

Esse resultado atende a um dos princípios fundamentais das NZEBs, primeiramente reduzir ao máximo o consumo por meio da eficiência, para depois suprir a demanda restante com fontes renováveis. Para isso, foi projetado um sistema fotovoltaico com 154,33 kWp de potência instalada, capaz de atender 100% o novo consumo anual do edifício.

Com a implementação das MEEs e do sistema solar fotovoltaico, o prédio pode conquistar a classificação máxima de eficiência energética "A" e também passa a ser considerado uma Edificação de Energia Quase Zero.

Em resumo, esta dissertação vai além do estudo de caso ao oferecer um roteiro técnico e metodológico claro, que pode ser replicado em outros edifícios públicos do país. A pesquisa confirma a importância da simulação energética no planejamento de reformas eficientes, assegurando que os investimentos feitos realmente tragam economia de energia e mais conforto para os usuários.

Ao combinar a modernização de uma infraestrutura existente com a produção local de energia limpa, o trabalho contribui de forma concreta para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 – Energia Limpa e Acessível, 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima. Trata-se de um exemplo prático de como descarbonização o setor de edificações pode orientar intervenções eficazes para a modernização energética de prédios públicos e construir um futuro mais sustentável.

Para trabalhos futuros proem-se a avaliação das MEEs separadamente para saber o impacto de cada uma delas no sistema e orientar reformas direcionadas para medidas que tenham mais impacto no conforto da edificação.

REFERENCIAIS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: ANEEL, 2012.

ALBUQUERQUE, Bruno Santana de. **Utilização de métodos ativos na transformação de um prédio em um edifício de energia zero: estudo de caso da Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, 2013.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

ALMEIDA, M. G. de. **Análise de desempenho térmico de paredes de vedação com diferentes materiais e espessuras para a zona bioclimática 8**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

AZEVEDO, Jackquelline Cristina do Nascimento. **Alojamento estudantil no contexto amazônico: análise termoenergética da Casa de Estudantes Universitários da Universidade Federal do Pará**. 2024. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2024.

BARBOSA, T. A.; KREBS, L. F. **Net Zero Energy Buildings (NZEBS): Edifícios de Energia Zero**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2014.

CORREA, BIANCA; FERREIRA, K. M.; SOUSA, A. B. R.; SOUZA, A. C. D. B.; VASCONCELOS, F.; TOSTES, MARIA EMÍLIA; CÉLIA MOURA, CARMINDA. **Aplicação de eficiência energética em projeto de retrofit de sistema de iluminação** In: XX

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2024, Maceió. ANAIS XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2024, v.20.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1981.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2009.

CASTRO, Adriana Alice Sekeff; NAVES DAVID AMORIM, Cláudia. **Contribuições da luz do dia no âmbito de NZEBs: uma revisão de literatura.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–12. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2219. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2219>. Acesso em: 7 jul. 2025.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios: parte 1.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 7-22, out./dez. 2009.

COSTA, R. *et al.* **Projeto UE ZEBRA2020 e implementação de NZEB no Brasil.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2021.

D'AGOSTINO, D.; MAZZARELLA, L. *What is a Nearly Zero Energy Building? A case study of the Italian and German answers to the European challenge.* *Energy and Buildings*, v. 192, p. 280-293, 2019.

DALBOSCO, C. A.; SOUZA, F. B. de; MACEDO, M. de. **Consumo e produção sustentável na educação básica: reflexões entre a Agenda 2030 e a Base Nacional Comum Curricular.** Revista Educação e Políticas em Debate, v. 11, n. 2, 2022.

DOURADO, I. P.; MARQUES, A. **O tripé da sustentabilidade brasileira: desafios históricos na luta ambiental, compromissos políticos e coletivos na educação ambiental.** Revista GESTO-Debate, v. 23, p. 1-30, 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Ações de Eficiência Energética em Edificações Brasileiras e o Potencial de Resposta da Demanda**. Nota Técnica DEA/SEE 007/2020. Rio de Janeiro: EPE, 2020.

FEI, W. *et al.* The construction industry's role in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): A systematic literature review. *Sustainability*, v. 13, n. 18, p. 10453, 2021.

FREITAS, S. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica) – Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2010.

GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; UN ENVIRONMENT PROGRAMME. **2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector**. Nairobi: UNEP, 2022.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Relatório de Atividades 2022**. São Paulo: GBC Brasil, 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Cadernos ODS: Objetivo 7 - Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos**. Brasília, DF: Ipea, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Cadernos ODS: Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis**. Brasília, DF: Ipea, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Instrução Normativa para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C)**. Brasília, DF: Inmetro, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Manual RAC: Catálogo de propriedades térmicas**. Versão Dezembro/2022. Anexo da Portaria nº 309/2022. Brasília, DF: INMETRO, 2022.

JANNUZZI, G. de M. *et al.* **Instrumentos de incentivo à eficiência energética no Brasil: uma análise multicritério**. Campinas: Unicamp, 2012.

LAMBERTS, R. *et al.* **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2014.

LAMBERTS, R. (Coord.). **Casa Eficiente. Série Vol. 1 a 4**. Florianópolis: LabEEE/UFSC, 2012.

LI, D. H. W. *et al.* **A study of the daylighting performance and energy use in a fully glazed office building in a subtropical region**. *Energy and Buildings*, v. 42, n. 11, p. 2010-2018, 2010.

LIRA, S. H. de; FRAXE, T. J. P. **O percurso da sustentabilidade do desenvolvimento: aspectos históricos, políticos e sociais**. *Revista Monografias Ambientais*, v. 13, n. 1, 2014.

MEIRELLES, C. R. M. *et al.* **Os edifícios ZEB – zero energia na arquitetura contemporânea**. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília, DF: MME/EPE, 2020.

OLIVEIRA, M. L. G. de; GENTIL, B. G. **Desenvolvimento sustentável: em busca de um conceito**. *Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo entre as Ciências*, v. 14, n. 2, 2023.

PEREIRA, M. L. *et al.* **Projeto de eficiência energética para envoltória e iluminação artificial: estudo de caso na Escola Politécnica de Pernambuco**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 10., 2018, Vitória. *Anais...* Vitória: ABEE, 2018.

RACKES, A.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Development and validation of a metamodel for assessing thermal comfort in naturally ventilated buildings in Brazil**. *Energy and Buildings*, v. 127, p. 953-966, 2016.

SANTOS, L. T. **Panorama da sustentabilidade na construção civil: da teoria à realidade do mercado**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

SILVA, C. E. M. da; TEIXEIRA, S. F. **Educação ambiental no Brasil: reflexões a partir da Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (2005-2014)**. *Educação*, v. 44, e76, 2019.

SILVA, A. C. da. **Impactos da construção civil brasileira nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SILVA, A. L. *et al.* **O processo de projeto de edifício de balanço energético nulo (ZEB) numa perspectiva termodinâmica**. Belo Horizonte: Atena Editora, 2019.

SOUZA, Ana Carolina Dias Barreto de. **Eficiência energética de edificações visando a certificação pelo RTQ-C e a análise energético-financeira e ambiental**. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *A Common Definition for Zero Energy Buildings*. Washington, D.C.: DOE, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **UFPA inaugura novo Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência em Geração Distribuída**. UFPA. 20 jun. 2023. Disponível em: <https://ufpa.br/ufpa-inaugura-novo-laboratorio-de-sistemas-eletricos-de-potencia-em-geracao-distribuida-2/>. Acesso em: 21 fev. 2025.

VILLALVA, M. G. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2021.

WCED – **WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT**. **Nosso futuro comum: Relatório Brundtland**. 1987.

TRABALHOS PUBLICADOS

BEATRIZ SILVA CORREA, BIANCA; FERREIRA, K. M.; SOUSA, A. B. R.; SOUZA, A. C. D. B.; VASCONCELOS, F.; TOSTES, MARIA EMÍLIA; CÉLIA MOURA, CARMINDA. Aplicação de eficiência energética em projeto de retrofit de sistema de iluminação In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2024, Maceió. ANAIS XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2024, v.20.z

VASCONCELOS, FILIPE MENEZES DE; SOUZA, SERGIO MURILLO DE ALMEIDA; PEREIRA, BERNARDO CONTENTE; TOSTES, MARIA EMÍLIA DE LIMA; CARVALHO, CARMINDA CÉLIA MOURA DE MOURA; **CORRÊA, BIANCA BEATRIZ SILVA. Cálculo de carga térmica: comparação entre simulação computacional no *EnergyPlus* e método analítico** In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2024, Maceió. 2024, v.20.

FILIPE VASCONCELOS; **BEATRIZ CORREA; ANA SOUSA; ANDRÉ MORAES; JACKQUELLINE AZEVEDO; MARIA TOSTES; CARMINDA CARVALHO. Impacto da tecnologia Vehicle-to-Building na redução do custo e da demanda de energia elétrica: uma revisão sistemática.** In: Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente SBAI / Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos SBSE, 2023, Manaus. 2023, v.1.

CORRÊA, BIANCA; VASCONCELOS, FILIPE; FERREIRA, ISAIAS; FERREIRA, ALFA; MORAES, ANDRÉ; SOUSA, ANA BEATRIZ; CÉLIA MOURA, CARMINDA; TOSTES, MARIA EMÍLIA; BEAZERRA, UBIRATAN. Impactos da Mobilidade Elétrica na Qualidade de Energia In: 2023 XV Brazilian Conference on Quality of Power (CBQEE), 2023, São Luiz. 2023 XV Brazilian Conference on Quality of Power (CBQEE). IEEE, 2023, p.1.

ALVES DOS REIS, JOÃO VICTOR; ABEL MASSUNANGA MOREIRA, GABRIEL; TABORA, JONATHAN MUÑOZ; **BEATRIZ SILVA CORREA, BIANCA; RODRIGUES BARBOSA, ANDRÉ LUÍS; CORREA DOS SANTOS JUNIOR, LAURO; SAMPAIO DE LIMA, PEDRO LUCAS; MOTA SOARES, THIAGO; DE LIMA TOSTE, MARIA EMILIA; HOLANDA BEZERRA, UBIRATAN. Microgrid Integration into Brazilian Distribution Networks: A Demand Response Case Study** In: 2024 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS), 2024, Puebla. 2024 IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS). 2024.

ANEXO 1 - Ambientes e horário de funcionamento LEECT-BIO

Piso	Código do ambiente	Ambiente	Tipo	Área (m2)	Ocupação (número de pessoas)	Horário de funcionamento
TÉRREO	A101	SALA DE COLETA	Laboratório	20,37	4 pessoas	8-18h (2 vezes na semana)
TÉRREO	A102	LAB BIOMEC	Laboratório	36,63	20 pessoas	8-18h
TÉRREO	A103	LAB BIOMEC SALA DE AULA	Sala de aula	47,33	22 pessoas	8-18h (2 vezes na semana)
TÉRREO	A104	LAB BIOMEC CIRC.	Circulação	14,68	*	*
TÉRREO	A105	LAB COMP APLICADA	Laboratório	47,04	12 pessoas	8-18h (2 vezes na semana)
TÉRREO	A106	LABEP GTA	Laboratório	37,37	10 pessoas	8-18h
TÉRREO	A107	SALA 12	Circulação	10,61	*	8-18h
TÉRREO	A108	LAB DE MICRO MÁQUINA	Laboratório	46,56	4 pessoas	8-18h
TÉRREO	A109	CIRCULAÇÃO 01	Circulação	39,24	*	8-18h
TÉRREO	A110	SALA 13 LAB MAQ ELE	Laboratório	47,04	sem uso	*
TÉRREO	A111	CASA DE FORÇA 03	Área técnica	47,04	sem uso	*
TÉRREO	A112	LCB - 01	Sala de aula	47,04	22 pessoas	8-18h
TÉRREO	A113	LCB - 02	Sala de aula	30,04	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	A114	LCB - 03	Sala de aula	31,3	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	A115	LCB - 04	Sala de aula	38,61	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	A116	LCB CIRC	Circulação	28,9	*	8-18h
TÉRREO	A117	CIRCULAÇÃO 03	Circulação	29,26	*	8-18h
TÉRREO	D118	SALA DE ESTUDO	Sala de aula	120,74	90 pessoas	8-18h
TÉRREO	B101	SALA 5	Sala de aula	49,15	40 pessoas	8-18h (2 vezes na semana)
TÉRREO	B102	DEPÓSITO 01	Área técnica	12	sem uso	**
TÉRREO	B103	AMBAR	Laboratório	13,7	8 pessoas	8-17h
TÉRREO	B104	SALA 6	Sala de aula	37,8	20 pessoas	8-17h
TÉRREO	B105	SALA 8	Sala de aula	49,5	40 pessoas	8-18h
TÉRREO	B106	BHO FEM	Área técnica	11,9	*	8-18h
TÉRREO	B107	BHO MASC	Área técnica	11,9	*	8-18h
TÉRREO	B108	ESCADA 01	Área técnica	16,76	*	8-18h
TÉRREO	B109	BHO FEM PCD	Área técnica	3,46	*	8-18h
TÉRREO	B110	BHO MASC PCD	Área técnica	3,46	*	8-18h
TÉRREO	B111	PROTOTIPAGEM ELETROQUÍMICA	Laboratório	12,36	8 pessoas	8-18h
TÉRREO	B112	ALMOXARIFADO	Área técnica	9,63	*	*
TÉRREO	B113	PROTOTIPAGEM MECÂNICA	Laboratório	9,45	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	B114	CÂMERA ANECOICA - SEPGD	Laboratório	159,76	*	*
TÉRREO	B115	LAB CIRC IMPRESSO	Circulação	10,25	*	*
TÉRREO	B116	HALL TÉRREO BLOCO B	Circulação	47,78	*	8-18h
TÉRREO	B117	CIRCULAÇÃO 05	Circulação	34,22	*	8-18h
TÉRREO	B118	CIRCULAÇÃO 06	Circulação	35,09	*	8-18h
TÉRREO	B119	SALA 04	Sala de aula	49,25	40 pessoas	8-18h (2 vezes na semana)
TÉRREO	B120	ESCADA 02	Circulação	18,68	*	*
TÉRREO	B121	ENG COMP TI	Laboratório	12,55	2 pessoas	8-19h

TÉRREO	B122	SALA 07	Sala de aula	24,75	4 pessoas	8-18h
TÉRREO	B123	AUDITÓRIO	Sala de aula	49,5	35 pessoas	8-18h (50% ocup)
TÉRREO	B124	LAB INTELIGÊNCIA COMP E PESQ OPERACIONAL	Laboratório	24,25	*	*
TÉRREO	B125	LAB ELETRÔNICA DE POTÊNCIA	Laboratório	34,52	8 pessoas	8-18h
TÉRREO	B126	SALA DE MONIT E CONT 01	Laboratório	13,1	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	B127	SALA DE MONIT E CONT 02	Laboratório	12,77	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	B128	SALA DE MONIT E CONT 03	Laboratório	12,95	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	B129	SALA DE MONIT E CONT 04	Laboratório	12,8	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	B130	CIRCULAÇÃO 07	Circulação	9,75	*	8-18h
TÉRREO	C101	BHO FEM	Área técnica	5,04	*	8-18h
TÉRREO	C102	BHO MASC	Área técnica	3,53	*	8-18h
TÉRREO	C103	CIRCULAÇÃO 10	Circulação	3,25	*	8-18h
TÉRREO	C104	COPA	Área técnica	6,3	*	8-18h
TÉRREO	C105	LABCOM	Laboratório	47,06	20 pessoas	8-18h
TÉRREO	C106	HALL TÉRREO	Circulação	13,5	*	*
TÉRREO	C107	SALA 03	Laboratório	31,8	10 pessoas	8-18h
TÉRREO	C108	SALA 01 - LASGRID	Laboratório	31,8	8 pessoas	8-18h
TÉRREO	C109	DEPOS.	Área técnica	8,22	2 pessoas	9-18h
TÉRREO	C110	COPA	Área técnica	1,63	*	8-18h
TÉRREO	C111	SALA 07	Laboratório	33,67	10 pessoas	9-18h
TÉRREO	C112	GSEI	Laboratório	45,83	5 pessoas	8-18h
TÉRREO	C113	LAB TELECOMUNICAÇÃO	Laboratório	45,22	15 pessoas	8-18h
TÉRREO	C114	CÂMERA ANECOICA	Laboratório	31,8	*	8-18h
TÉRREO	C115	DEPÓSITO	Área técnica	5,96	*	8-18h
TÉRREO	C116	ÁREA ELEVADOR	Área técnica	7,59	*	8-18h
TÉRREO	C117	LPO	Laboratório	47,5	20 pessoas	8-18h
TÉRREO	C118	SALA 21	Laboratório	22,57	10 pessoas	8-18h
TÉRREO	C119	LPRAD	Laboratório	22,27	*	8-18h
TÉRREO	C120	SALA 25 - LAB TELECOMUNICAÇÃO	Laboratório	45,6	10 pessoas	Segunda : 10-15h Terça-Sexta : 9-16:30h
TÉRREO	C121	CIRCULAÇÃO 11	Circulação	44,82	*	8-18h
TÉRREO	C122	CIRCULAÇÃO 12	Circulação	43,87	*	8-18h
TÉRREO	C123	CIRCULAÇÃO 13	Circulação	26,04	*	8-18h
TÉRREO	C124	SALA 08 - PROF LIMÃO	Sala de professor	18,34	2 pessoas	8-18h
TÉRREO	C125	SALA 07 - REINALDO CORRÊA	Sala de professor	20,09	1 pessoa	8-18h
TÉRREO	C126	SALA 06	Sala de professor	17,38	2 pessoas	8-18h
TÉRREO	C127	SALA 05 - LC-BIO	Laboratório	19,98	5 pessoas	8-18h *n funciona
TÉRREO	C128	SALA 04	Laboratório	31,8	10 pessoas	9-20h
TÉRREO	C129	SALA 02 - LAMIC	Laboratório	31,8	10 pessoas	11-16h
TÉRREO	C130	SALA 11	Indefinido	4,5	*	8-18h
TÉRREO	C131	SALA 12	Indefinido	9,51	*	8-18h *n funciona

TÉRREO	C132	SALA 14	Sala de professor	11,01	4 pessoas	8-18h
TÉRREO	*C132	SALA 16	Sala de professor	10,92	3 pessoas	8-18h
TÉRREO	*C133	SALA 17	Sala de professor	9,33	*	8-18h
TÉRREO	*C134	BHO MASC	Área técnica	11,19	*	8-18h
TÉRREO	*C135	BHO PCD	Área técnica	19,83	*	8-18h
TÉRREO	*C136	BHO FEM	Área técnica	19,83	*	8-18h
TÉRREO	*C137	ESCADA 03	Área técnica	19,83	*	8-18h
TÉRREO	*C138	HALL 2 TÉRREO - BLOCO C	Circulação	19,83	*	8-18h
TÉRREO	*C139	SALA 19	Sala de professor	19,83	*	8-18h*n funciona
TÉRREO	*C140	SALA XX	Sala de professor	19,83	*	8-18h
TÉRREO	*C141	SALA XX	Sala de professor	19,83	1 pessoa	8-18h (50% ocup)
TÉRREO	*C142	SALA XX	Sala de professor	19,83	*	8-18h
TÉRREO	*C143	SALA XX	Sala de professor	9,93	1 pessoa	8hrs por semana
SUPERIOR	A201	LAB SIST ELETRO	Laboratório	56,75	4 pessoas	13-20h (sem funcionamento quarta)
SUPERIOR	A202	SALA 26	Laboratório	49	8 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A203	LEA GRADUAÇÃO	Laboratório	49	8 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A204	SALA 24	Laboratório	49	12 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A205	SALA 22 - LEA	Laboratório	36,41	10 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A206	SECRETÁRIA - LEA	Secretária	7,88	1 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A207	HALL - LEA	Área técnica	3,98	*	8-18h
SUPERIOR	A208	CIRCULAÇÃO 02	Circulação	47,92	*	8-18h
SUPERIOR	A209	LEA - LAB ELETRO MAC APLIC	Laboratório	49	10 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A210	ENSINO LACOS	Laboratório	49	12 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A211	SALA 19	Laboratório	49	8 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A212	CIRCULAÇÃO 03	Circulação	8,08	*	8-18h
SUPERIOR	A213	LEEC - SALA 1	Sala de aula	30,07	16 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A214	LEEC - CIRC 1	Sala de aula	5,78	*	8-18h
SUPERIOR	A214	LEEC - CIRC 2	Sala de aula	5,66	*	8-18h
SUPERIOR	A215	LEEC - SALA 3	Sala de aula	33,48	8 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A216	LEEC - SALA 2	Sala de aula	37,77	20 pessoas	8-18h
SUPERIOR	A217	CIRCULAÇÃO 04	Circulação	19,57	*	8-18h
SUPERIOR	B201	SALA 38	Laboratório	23,52	4 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B202	LAB ANTENAS E PROPAGAÇÃO	Laboratório	48,26	22 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B203	BHO FEM	Área técnica	11,4	*	8-18h
SUPERIOR	B204	BHO MASC	Área técnica	11,4	*	8-18h
SUPERIOR	B205	SALA 32 - PET	Laboratório	37,15	20 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B206	SALA 30	Sala de professor	23,52	2 pessoas	8-18h

SUPERIOR	B207	SALA 28	Sala de professor	23,77	1 pessoa	8-18h
SUPERIOR	B208	SECRETÁRIA SEP - GD	Secretária	13,22	7 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B209	SALA DE CAPACITAÇÃO SEP - GD	Sala de aula	32,39	20 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B210	SALA PROF CARLOS TAVARES	Sala de professor	25,45	1 pessoa	8-18h
SUPERIOR	B211	SALA PROF PETRONIO VIEIRA	Sala de professor	25,45	4 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B212	CIRCULAÇÃO 07	Circulação	19,4	*	8-18h
SUPERIOR	B213	HALL SUPERIOR BLOCO B	Circulação	19,48	*	8-18h
SUPERIOR	B214	CIRCULAÇÃO 08	Circulação	37,64	*	8-18h
SUPERIOR	B215	CIRCULAÇÃO 09	Circulação	65,28	*	8-18h
SUPERIOR	B216	SALA 39	Sala de professor	22,8	4 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B217	SALA 37	Sala de professor	23,03	4 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B218	DEPÓSITO	Área técnica	12,83	3 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B219	SALA 35	Sala de professor	24,5	4 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B220	SALA 33	Sala de professor	24,5	2 pessoas	8-18h *n funciona
SUPERIOR	B221	SALA 31	Sala de professor	24,25	4 pessoas	10-16h
SUPERIOR	B222	SALA 29 - PROF NICK	Sala de professor	17,1	2 pessoas	8-18h *n funciona
SUPERIOR	B223	SALA DE REUNIÃO SEP GD	Sala de professor	17,1	10 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B224	SALA PROF VISITANTE	Sala de professor	17,21	2 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B225	SALA PROFA CAROLINA	Sala de professor	17,29	2 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B226	SALA PROF ABERIDES	Sala de professor	17,29	3 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B227	SALA PROF JOÃO PAULO	Sala de professor	17,21	2 pessoas	8-18h
SUPERIOR	B228	SALA PROF WALTER BARRA	Sala de professor	45,37	2 pessoas	8-18h
SUPERIOR	C201	GERCOM	Laboratório	45,37	4 pessoas	24hrs (50% ocup)
SUPERIOR	C202	SALA 31	Laboratório	46,89	5 pessoas	8-18h
SUPERIOR	C203	SALA 31 ANEXO	Laboratório	45,6	5 pessoas	8-18h
SUPERIOR	C204	LABNEP	Laboratório	9,97	4 pessoas	8-18h(30% ocup)
SUPERIOR	C205	SALA 39 LACIS	Laboratório	61,03	10 pessoas	8-17h
SUPERIOR	C206	LAB INFORMÁTICA	Sala de aula	78,43	20 pessoas	8-18h (80% ocup)
SUPERIOR	C207	CIRCULAÇÃO 14	Circulação	43,87	*	8-18h
SUPERIOR	C208	CIRCULAÇÃO 15	Circulação	26,04	*	8-18h
SUPERIOR	C209	SALA 28	Sala de professor	13,53	1 pessoa	8-18h (50% ocup)
SUPERIOR	C210	SALA 30	Sala de professor	12,36	2 pessoas	8-18h (2 vezes na semana)
SUPERIOR	C211	SALA 32	Sala de professor	14,52	2 pessoas	8-18h *n funciona
SUPERIOR	C212	SALA 33	Sala de professor	14,01	x	x

SUPERIOR	C213	SALA 35	Sala de professor	11,79	sem uso	8-18h *n funciona
SUPERIOR	C214	SALA 37	Sala de professor	10,67	5 pessoas	8-18h (25% ocup)
SUPERIOR	C215	SALA 38	Sala de professor	10,27	1 pessoa	8-18h (75% ocup)
SUPERIOR	C216	SALA 40	Sala de professor	10,13	x	x
SUPERIOR	C217	SALA 42	Sala de professor	10,13	x	x
SUPERIOR	C218	SALA 44	Sala de professor	10,13	2 pessoas	8-18h (50% ocup)
SUPERIOR	C219	SALA 45	Sala de professor	9,93	2 pessoas	8-18h (50% ocup)

ANEXO 2 - Descrição do novo sistema de iluminação LEECT-BIO.

Piso	Blocos	Código do ambiente e	Ambiente	Tipologia do espaço	Área (m²)	K	RCR	FU por Luminária	Iluminância E (lux) - NBR 8995	FM	Fluxo φ (lm) (calculado)	Quant. Luminárias	Quant. de Lâmpadas/Luminária	Quant. de Lâmpadas no Ambiente	Quant. de Lâmp. com DEFEITO	Tipo de Luminária	Tipo de Lâmpada - Atual	Tipo de Lâmpada - Proposto	Fluxo por Lâmpada (lm)	Fluxo Total Ambiente (lm)	Potência da lâmpada (W)	Fator de automação	Potência total do ambiente (W)	Iluminância média (REAL)	Diferença entre fluxos (lm) (Calculado - Real)	Iluminância E (lux) - NBR 8995
TÉRREO	A	A101	SALA DE COLETA	DEPÓSITO	20,37	1,09	4,58	0,55	150	0,80	6.944,32	2	2	4	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	7.400	18	1,00	72,00	160	-455,68	ADEQUADO
	A	A102	LAB BIOMEC	LABORATÓRIO	36,63	1,44	3,48	0,64	500	0,80	35.770,12	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	470	2.170,12	ADEQUADO
	A	A103	LAB BIOMEC SALA DE AULA	SALA DE AULA	47,33	1,58	3,17	0,64	400	0,80	36.979,69	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	363	3.379,69	ADEQUADO
	A	A104	LAB BIOMEC CIRC.	CIRCULAÇÃO	14,80	0,55	9,08	0,44	100	0,80	4.204,55	2	1	2	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	4.200	18	0,80	28,80	100	4,55	ADEQUADO
	A	A105	LAB COMP APLICADA	LABORATÓRIO	47,04	1,57	3,17	0,64	400	0,80	36.750,00	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	366	3.150,00	ADEQUADO
	A	A106	LABEP GTA	LABORATÓRIO	37,37	1,45	3,44	0,48	500	0,80	48.664,84	6	4	24	0	CALHA COM ALETA 120CM - 4 LAMP	Empalux 40 Osram 32	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	50.400	18	1,00	432,00	518	-1.735,16	ADEQUADO
	A	A107	SALA 12	CIRCULAÇÃO	10,61	0,72	6,94	0,44	150	0,80	4.519,18	1	2	2	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 36	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	4.200	18	0,80	28,80	139	319,18	ADEQUADO
	A	A108	LAB DE MICRO MÁQUINA	LABORATÓRIO	46,56	1,56	3,20	0,64	400	0,80	36.375,00	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 46 Philbra 30	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	369	2.775,00	ADEQUADO
	A	A109	CIRCULAÇÃO 01	CIRCULAÇÃO	39,24	0,63	7,88	0,40	100	0,80	12.262,50	3	2	6	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	12.600	18	1,00	108,00	103	-337,50	ADEQUADO
	A	A110	SALA 13 LAB MAQ ELE	LABORATÓRIO	47,04	1,15	4,36	0,64	400	0,80	36.750,00	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	366	3.150,00	ADEQUADO
	A	A111	CASA DE FORÇA 03	CASA DE MÁQUINAS	47,04	1,15	4,36	0,64	200	0,80	18.375,00	4	2	8	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	16.800	18	1,00	144,00	183	1.575,00	ADEQUADO
	A	A112	LCB - 01	LABORATÓRIO	47,04	1,58	3,16	0,64	400	0,80	36.750,00	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	366	3.150,00	ADEQUADO
	A	A113	LCB - 02	LABORATÓRIO	30,04	1,21	4,12	0,53	500	0,80	35.427,59	4	4	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 4 LAMP	Empalux 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	474	1.827,59	ADEQUADO
	A	A114	LCB - 03	LABORATÓRIO	31,30	1,25	4,00	0,58	450	0,80	30.354,05	4	4	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 4 LAMP	Empalux 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (1850 COM ALETA)	1850	29.600	18	1,00	288,00	439	754,05	ADEQUADO
	A	A115	LCB - 04	LABORATÓRIO	38,61	1,33	3,77	0,58	450	0,80	37.445,04	5	4	20	0	CALHA COM ALETA 120CM - 4 LAMP	Empalux 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (1850 COM ALETA)	1850	37.000	18	1,00	360,00	445	445,04	ADEQUADO
	A	A116	LCB CIRC	CIRCULAÇÃO	28,90	0,91	5,52	0,49	150	0,80	11.058,67	3	2	6	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Philips 32	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	11.100	18	0,80	86,40	151	-41,33	ADEQUADO
	A	A117	CIRCULAÇÃO 03	CIRCULAÇÃO	29,26	0,60	8,37	0,40	150	0,80	13.715,63	3	2	6	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	DSW 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	12.600	18	1,00	108,00	138	1.115,63	ADEQUADO
	D	A118	SALA DE ESTUDO	SALA DE COVIVÊNCIA	120,74	1,95	2,56	0,75	350	0,80	70.429,28	16	2	32	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Alumbra 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	67.200	18	1,00	576,00	334	3.229,27	ADEQUADO
	B	B101	SALA 5	SALA DE AULA	49,15	1,62	3,09	0,67	400	0,80	36.679,10	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	366	3.079,10	ADEQUADO
	B	B102	DEPÓSITO 01	DEPÓSITO	12,00	0,57	8,79	0,85	100	0,80	1.764,71	2	1	2	0	SOQUETE SIMPLIS	Empalux 36	LED bulb 8-60W E27 6500K W A60 ND 1PF BR (SOQUETE)	806	1.612	8	1,00	16,00	91	152,71	ADEQUADO
	B	B103	AMBAR	SALA DE COVIVÊNCIA	13,70	0,86	5,85	0,49	500	0,80	17.474,49	2	4	8	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	16.800	18	1,00	144,00	481	674,49	ADEQUADO
	B	B104	SALA 6	SALA DE AULA	37,80	1,99	2,51	0,64	450	0,80	33.222,66	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	JNH ilumin 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	455	-377,34	ADEQUADO
	B	B105	SALA 8	SALA DE AULA	49,50	2,20	2,27	0,67	450	0,80	41.557,84	10	2	20	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	42.000	18	1,00	360,00	455	-442,16	ADEQUADO
	B	B106	BHO FEM	BANHEIRO	10,33	0,70	7,16	0,65	200	0,80	3.973,08	2	2	4	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 36 Led Ultraluz 20	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	3.600	9	0,80	28,80	181	373,08	ADEQUADO
	B	B107	BHO MASC	BANHEIRO	10,33	0,70	7,16	0,65	200	0,80	3.973,08	2	2	4	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 36 Led Ultraluz 20	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	3.600	9	0,80	28,80	181	373,08	ADEQUADO
	B	B108	ESCADA 01	CIRCULAÇÃO	13,00	0,89	5,64	0,95	100	0,80	1.710,26	2	1	2	0	ARANDELA TARTARUGA	SEM ILUMINAÇÃO	LED bulb 8-60W E27 6500K W A60 ND 1PF BR (ARANDELA)	806	1.612	8	1,00	16,00	94	98,26	ADEQUADO
	B	B109	BHO FEM PCD	BANHEIRO	3,46	0,35	14,33	0,51	200	0,80	1.694,12	1	2	2	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 20	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	1.800	9	0,80	14,40	213	-105,88	ADEQUADO
	B	B110	BHO MASC PCD	BANHEIRO	3,46	0,35	14,33	0,51	200	0,80	1.694,12	1	2	2	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 20	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	1.800	9	0,80	14,40	213	-105,88	ADEQUADO
	B	B111	PROTOTIPAGEM	LABORATÓRIO	12,36	1,13	4,42	0,53	450	0,80	13.123,02	3	2	6	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	12.600	18	1,00	108,00	432	523,02	ADEQUADO
	B	B112	ALMOXARIFADO	DEPÓSITO	9,63	0,63	7,95	0,47	150	0,80	3.842,55	2	2	4	0	CALHA SEM ALETA 60CM - 2 LAMP	Empalux 20	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	3.600	9	1,00	36,00	141	242,55	ADEQUADO
	B	B113	PROTOTIPAGEM MECÂNICA	LABORATÓRIO	9,45	0,95	5,26	0,48	500	0,80	12.308,33	3	2	6	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	12.600	18	1,00	108,00	512	-291,67	ADEQUADO
	B	B114	CÂMERA ANECOICA - SEPGD	SALA DE ESPERA/COVIVÊNCI	159,76	3,95	1,27	0,98	300	0,80	45.848,77	10	2	20	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	42.000	18	1,00	360,00	275	3.848,77	ADEQUADO
	B	B115	LAB CIRC IMPRESSO	LABORATÓRIO	10,25	0,59	8,42	0,41	500	0,80	15.617,38	2	4	8	0	CALHA COM ALETA 120CM - 4 LAMP	Empalux 36	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	16.800	18	1,00	144,00	538	-1.182,62	ADEQUADO
	B	B116	HALL TÉRREO BLOCO B	CIRCULAÇÃO	47,78	1,20	4,16	0,62	150	0,80	14.450,81	4	2	8	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	DSW 18	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	14.800	18	1,00	144,00	154	-349,19	ADEQUADO
	B	B117	CIRCULAÇÃO 05	CIRCULAÇÃO	34,22	0,49	10,20	0,41	150	0,80	15.647,10	4	2	8	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 18	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	14.800	18	1,00	144,00	142	847,10	ADEQUADO
	B	B118	CIRCULAÇÃO 06	CIRCULAÇÃO	35,09	1,00	5,02	0,55	150	0,80	11.961,82	3	2	6	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 10	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	11.100	18	1,00	108,00	139	861,82	ADEQUADO
	B	B119	SALA 04	SALA DE AULA	49,25	1,60	3,12	0,79	450	0,80	35.067,25	8	2	16	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Gligh2 20	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	431	1.467,25	ADEQUADO
	B	B120	ESCADA 02	CIRCULAÇÃO	18,68	0,93	5,36	0,55	100	0,80	4.244,55	1	2	2	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	SEM ILUMINAÇÃO	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	4.200	18	0,80	28,80	99	44,55	ADEQUADO
	B	B121	ENG COMP TI	LABORATÓRIO	12,55	0,81	6,19	0,43	500	0,80	18.241,28	2	4	8	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	DSW 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	16.800	18	1,00	144,00	460	1.441,28	ADEQUADO
	B	B122	SALA 07	SALA DE ESPERA/COVIVÊNCI	24,75	1,20	4,16	0,70	400	0,80	17.678,57	4	2	8	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	DSW 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 SEM ALETA)	2100	16.800	18	1,00				

C	C102	BHO MASC	BANHEIRO	3,53	0,37	13,55	0,55	200	0,80	1.603,64	2	1	2	0	SOQUETE SIMPLES	SEM ILUMINAÇÃO	LEDBulb 8-60W E27 6500K W A60 ND 1PF BR (SOQUETE)	806	1.612	8	0,80	12,80	201	-8,36	ADEQUADO
C	C103	CIRCULAÇÃO 10	CIRCULAÇÃO	3,25	0,38	13,00	0,33	150	0,80	1.845,45	1	2	2	0	CALHA SEM ALETA 60CM - 2 LAMP	SEM ILUMINAÇÃO	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	1.800	9	1,00	18,00	146	45,45	ADEQUADO
C	C104	COPA	DEPÓSITO	6,30	0,55	9,13	0,90	100	0,80	875,00	1	1	1	0	SOQUETE SIMPLES	SEM ILUMINAÇÃO	LEDBulb 8-60W E27 6500K W A60 ND 1PF BR (SOQUETE)	806	806	8	1,00	8,00	92	69,00	ADEQUADO
C	C105	LABCOM	LABORATÓRIO	47,06	1,53	3,27	0,64	400	0,80	36.768,75	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Ouralux 15	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	366	3.168,75	ADEQUADO
C	C106	HALL TÉRREO	CIRCULAÇÃO	13,50	0,79	6,29	0,49	100	0,80	3.443,88	1	2	2	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	DSW 18	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	3.700	18	1,00	36,00	107	-256,12	ADEQUADO
C	C107	SALA 03	DEPÓSITO	31,80	1,33	3,77	0,78	150	0,80	7.644,23	4	2	8	0	CALHA SEM ALETA 60CM - 2 LAMP	Plafon 20	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	7.200	9	1,00	72,00	141	444,23	ADEQUADO
C	C108	SALA 01 - LASGRID	LABORATÓRIO	31,80	1,33	3,77	0,53	450	0,80	33.750,00	4	4	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 4 LAMP	Intral 17	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	448	150,00	ADEQUADO
C	C109	DEPOS.	DEPÓSITO	8,22	0,57	8,84	0,44	150	0,80	3.500,71	2	2	4	0	CALHA SEM ALETA 60CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 600mm 9W 865 T8 C W G1 (SEM ALETA)	900	3.600	9	1,00	36,00	154	-99,29	ADEQUADO
C	C110	COPA	DEPÓSITO	1,63	0,30	16,93	0,50	200	0,80	813,75	1	1	1	0	SOQUETE SIMPLES	Klan 9	LEDBulb 8-60W E27 6500K W A60 ND 1PF BR (SOQUETE)	806	806	8	1,00	8,00	198	7,75	ADEQUADO
C	C111	SALA 07	LABORATÓRIO	33,67	1,34	3,73	0,64	500	0,80	32.878,91	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	511	-721,09	ADEQUADO
C	C112	GSEI	LABORATÓRIO	45,83	1,74	2,87	0,64	450	0,80	40.278,52	9	2	18	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Demape 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	37.800	18	1,00	324,00	422	2.478,52	ADEQUADO
C	C113	LAB TELECOMUNICAÇÃO	LABORATÓRIO	45,22	1,73	2,89	0,64	400	0,80	35.328,13	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	380	1.728,13	ADEQUADO
C	C114	CÂMERA ANEOICA	LABORATÓRIO	31,80	0,55	9,06	0,44	300	0,80	27.102,27	6	2	12	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	ED INTEGRADO FLAT	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	25.200	18	1,00	216,00	279	1.902,27	ADEQUADO
C	C115	DEPÓSITO	DEPÓSITO	5,96	0,57	8,71	0,85	100	0,80	876,84	1	1	1	0	SOQUETE SIMPLES	General Eletronic 32	LEDBulb 8-60W E27 6500K W A60 ND 1PF BR (SOQUETE)	806	806	8	1,00	8,00	92	70,84	ADEQUADO
C	C116	ÁREA ELEVADOR	CIRCULAÇÃO	7,59	0,64	7,82	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	C117	LPO	LABORATÓRIO	47,50	1,69	2,96	0,64	400	0,80	37.109,38	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Avant 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	362	3.509,38	ADEQUADO
C	C118	SALA 21	ESCRITÓRIO	22,57	1,04	4,80	0,62	400	0,80	18.203,23	4	2	8	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Avant 18	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	16.800	18	1,00	144,00	369	1.403,23	ADEQUADO
C	C119	LPRAD	ESCRITÓRIO	22,27	1,10	4,56	0,62	400	0,80	17.958,06	4	2	8	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	16.800	18	1,00	144,00	374	1.158,06	ADEQUADO
C	C120	SALA 25 - LAB TELECOMUNICAÇÃO	LABORATÓRIO	45,60	1,67	3,00	0,62	400	0,80	36.774,19	8	2	16	0	CALHA COM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm HO 18W865 C W G (2100 COM ALETA)	2100	33.600	18	1,00	288,00	365	3.174,19	ADEQUADO
C	C121	CIRCULAÇÃO 11	CIRCULAÇÃO	44,82	0,57	8,79	0,45	150	0,80	18.675,00	5	2	10	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	t-Tubular Fluorescen	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	18.500	18	1,00	180,00	149	175,00	ADEQUADO
C	C122	CIRCULAÇÃO 12	CIRCULAÇÃO	43,87	0,61	8,26	0,45	150	0,80	18.277,50	5	2	10	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	Empalux 40	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	18.500	18	1,00	180,00	152	-222,50	ADEQUADO
C	C123	CIRCULAÇÃO 13	CIRCULAÇÃO	26,04	0,46	10,94	0,32	150	0,80	15.257,81	4	2	8	0	CALHA SEM ALETA 120CM - 2 LAMP	SEM ILUMINAÇÃO	CorePro LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G (1850 SEM ALETA)	1850	14.800	18	1,00	144,00	145	457,81	ADEQUADO

ANEXO 3 - Quantidade e descrição dos novos condicionadores de ar para o sistema proposto

Qde	Descrição	Marca	Classificação	Modelo	Ambientes
1	9000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R410A	Samsung	Nível A IDRS 9,00	AR09CVFAA WKNAZ	LEA - Secretaria .
10	12000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 8,30	FTKP12S5VL	Circ. EBIO, LABEP GTA, Lab. de Instrumentação Biomédica, LCB02, LCB03, LEA-Lab., LEEC Sala 1, LEEC Sala 2, LEEC Sala 3, LPRAD.
32	18000 BTU/h - Frio - Split Hi-Wall - Velocidade Variável - R32	Elgin	Nível A IDRS 8,25	HJFI18C2WB	LABEP GTA, LABIT (2), LAÇOS Lab. (2), LEA - Graduação (2), LEA-Lab, LEMAG (2), LEEC Sala 1, LEEC Sala 2, LEEC Sala 3, LCB01, LCB02, LCB03, LCB04 (2), Lab. de Biomecânica, Lab. de Computação Aplicada (2), Lab. de Instrumentação Biomédica, Lab. de Micromáquina (2), Lab. Máquinas Elétricas (2), Lab. Sist. Eletro (2), LPRAD, Ensino LAÇOS (2), Sala de Coleta.
3	24000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 8,30	FTKP24S5VL	Casa de Força, Lab. de Biomecânica, LCB01.

Fonte: ACERVO LABSIM.

Sistema de condicionamento de ar Bloco 2 PROPOSTO

Qde	Descrição	Marca	Classificação	Modelo	Ambientes
1	24000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 8,30	FTKP24S5VL	Sala de Estudo (1).

2	32000 BTU/h - Quente/FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 7,50	FTXM32TVL	Sala de Estudo (2).
---	--	--------	----------------------	-----------	---------------------

Fonte: ACERVO LABSIM.

Sistema de condicionamento de ar Bloco 2 PROPOSTO

Qde	Descrição	Marca	Classificação	Modelo	Ambientes
9	9000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R410A	Samsung	Nível A IDRS 9,00	AR09CVFA AWKNAZ	Almoxarifado, Eng. Comp. TI, MC01, MC02, MC03, MC04, Prototipagem Eletroquímica, Prototipagem Mecânica, Secretaria-SEPGD.
12	12000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 8,30	FTKP12S5V L	AMBAR, Capacitação-SEPGD (2), Prof. Aberides, Prof. João Paulo, Prof. Visitante-SEPGD, Prof. Walter Barra, Profª Carolina, Sala 32 (2), Sala 6 (2).
25	18000 BTU/h - Frio - Split Hi-Wall - Velocidade Variável - R32	Elgin	Nível A IDRS 8,25	HJFI18C2W B	Auditório (2), Lab. Antenas (2), Labep, Linc, Prof. Carlos Tavares, Prof. Petronio Vieira, Reunião-Sepgd, Sala 4 (2), Sala 5 (2), Sala 7, Sala 8 (2), Sala 28, Sala 29, Sala 30, Sala 31, Sala 33, Sala 35, Sala 37, Sala 38, Sala 39.

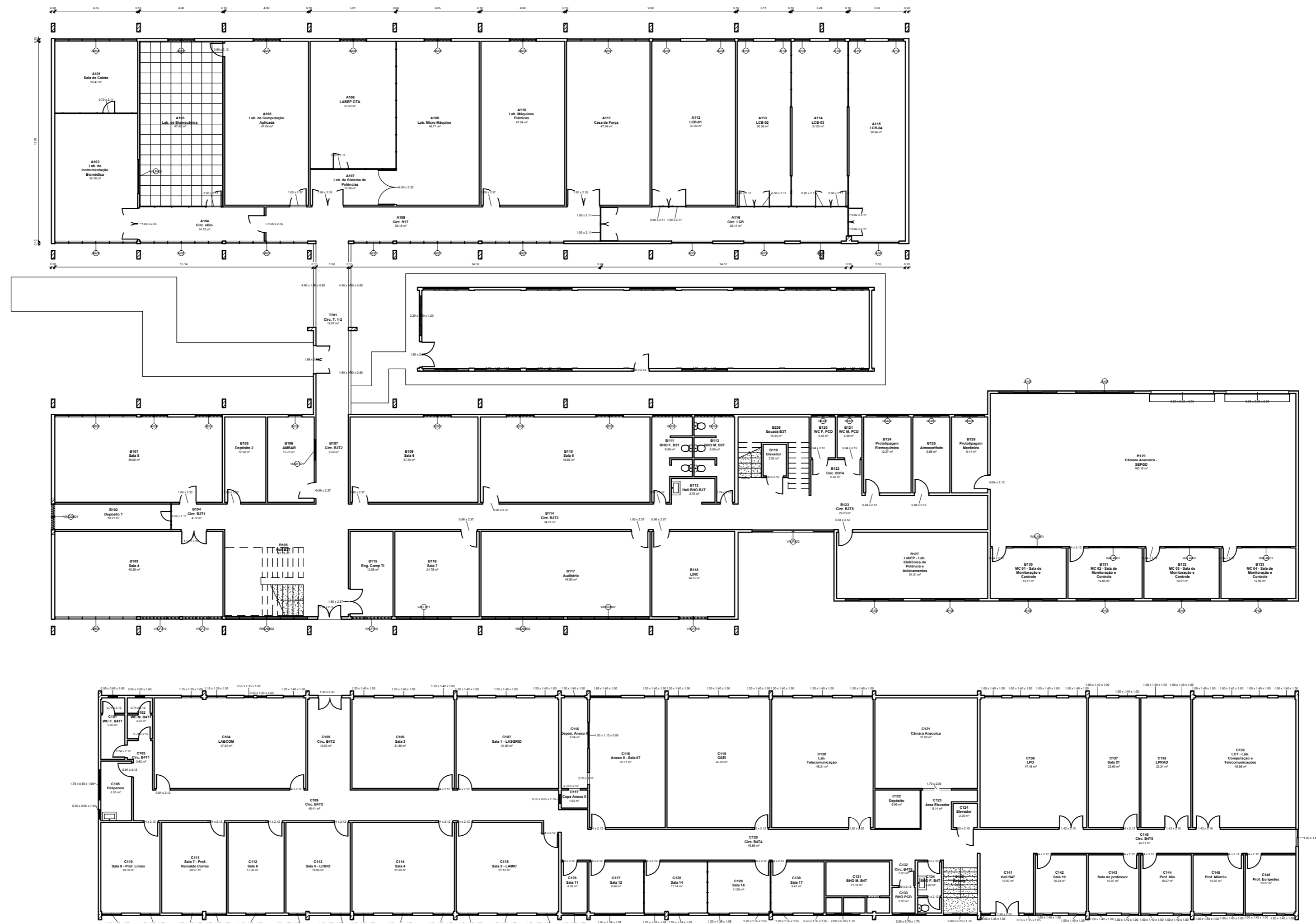
Fonte: ACERVO LABSIM.

Sistema de condicionamento de ar Bloco 4 PROPOSTO

Qde	Descrição	Marca	Classificação	Modelo	Ambientes
22	9000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R410A	Samsung	Nível A IDRS 9,00	AR09CVFA AWKNAZ	Depósito Anexo II, LabNEP, Prof. Eurípedes, Prof. Ilan, Prof. Miercio, S. de Professor, Sala 12, Sala 14, Sala 16, Sala 17, Sala 19, Sala 32, Sala 33, Sala 35, Sala 37, Sala 38, Sala 40, Sala 42, Sala 44, Sala 45, Sala 4 (2).
21	12000 BTU/h - FrIo - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 8,30	FTKP12S5V L	Anexo II, Sala 7 (2), GSEI (2), Lab Telecom (2), LabCOM (2), LACIS (1), LCT Lab Comp e Telecom (1), LPO (1), Prof. Limão, Sala 2 - LAMIC (1), Sala 5 - LCBIO, Sala 6, Sala 28, Sala 30, Sala 31-A (2), Sala 31-B (2).


10	18000 BTU/h - Frio - Split Hi-Wall - Velocidade Variável - R32	Elgin	Nível A IDRS 8,25	HJFI18C2W B	LPO (1), Sala 3, Sala 1 LASGRID, Sala 21, LPRAD, LCT Lab. Comp. e Telecom (1), Porf. Reinaldo, Sala 2 - LAMIC (1), GERCOM, LACIS (1).
2	32000 BTU/h - Quente/Frío - Split Hi-wall - Velocidade Variável - R32	Daikin	Nível A IDRS 7,50	FTXM32TV L	Lab. Informática (2).

Fonte: ACERVO LABSIM.



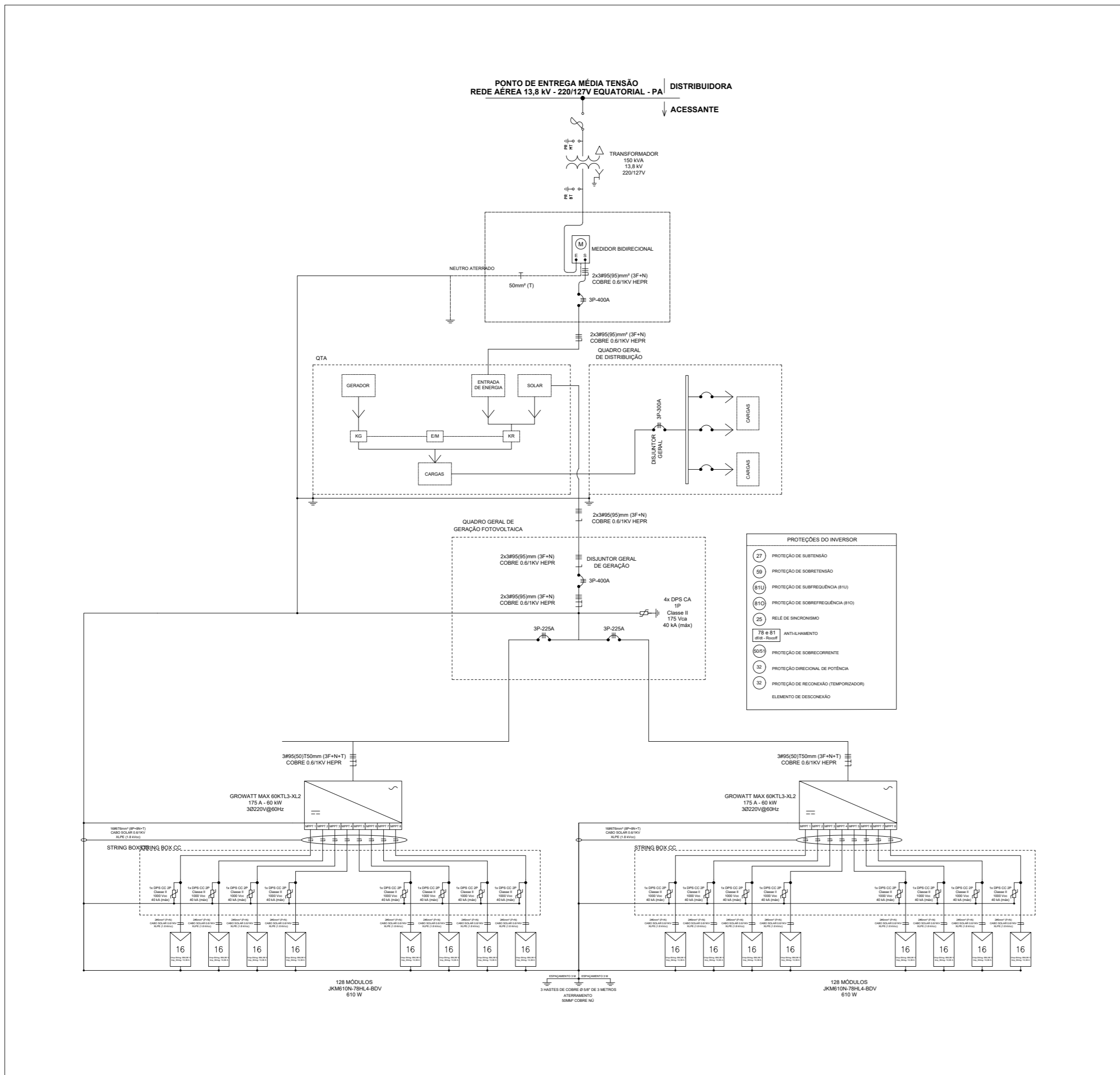
ALTERAÇÕES:

CARIMBO:



CEAMAZON
Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia
Av. Perimetral, 2851, prédio 1, Guamá, Belém-PA

PRANCHAS: PLANTA BAIXA	RESPONSÁVEL PELO PROJETO:
OBRA: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, DA COMPUTAÇÃO, DE TELECOMUNICAÇÕES E BIOMÉTRICA DA UFPA	
PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	
LOCAL DO PROJETO: Campus Guamá da UFPA, Belém/PA	FOLHA: AR
ESCALA: 1:200	COORDENADOR(ES): EQUIPE RESPONSÁVEL:
DATA: JAN/2025	01 / 02

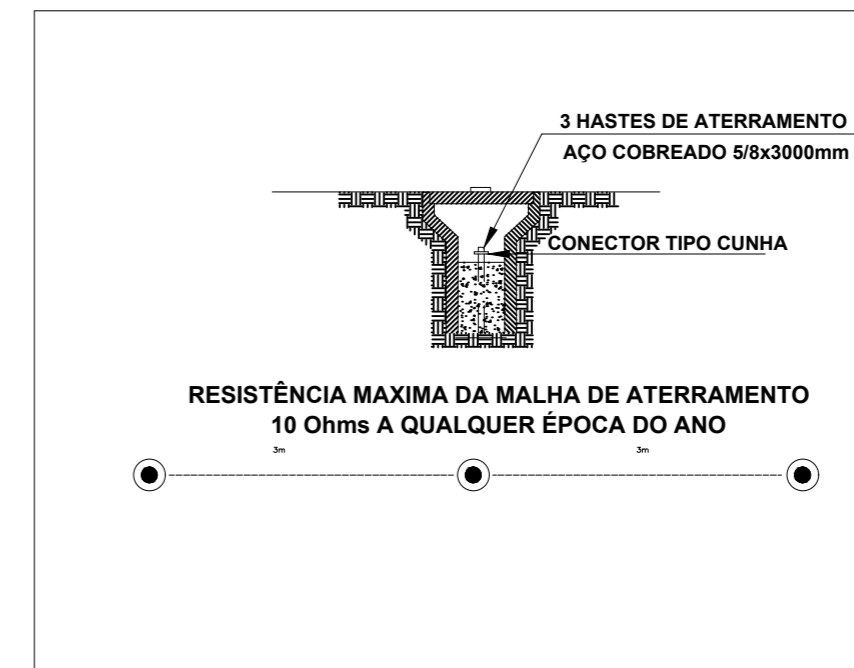
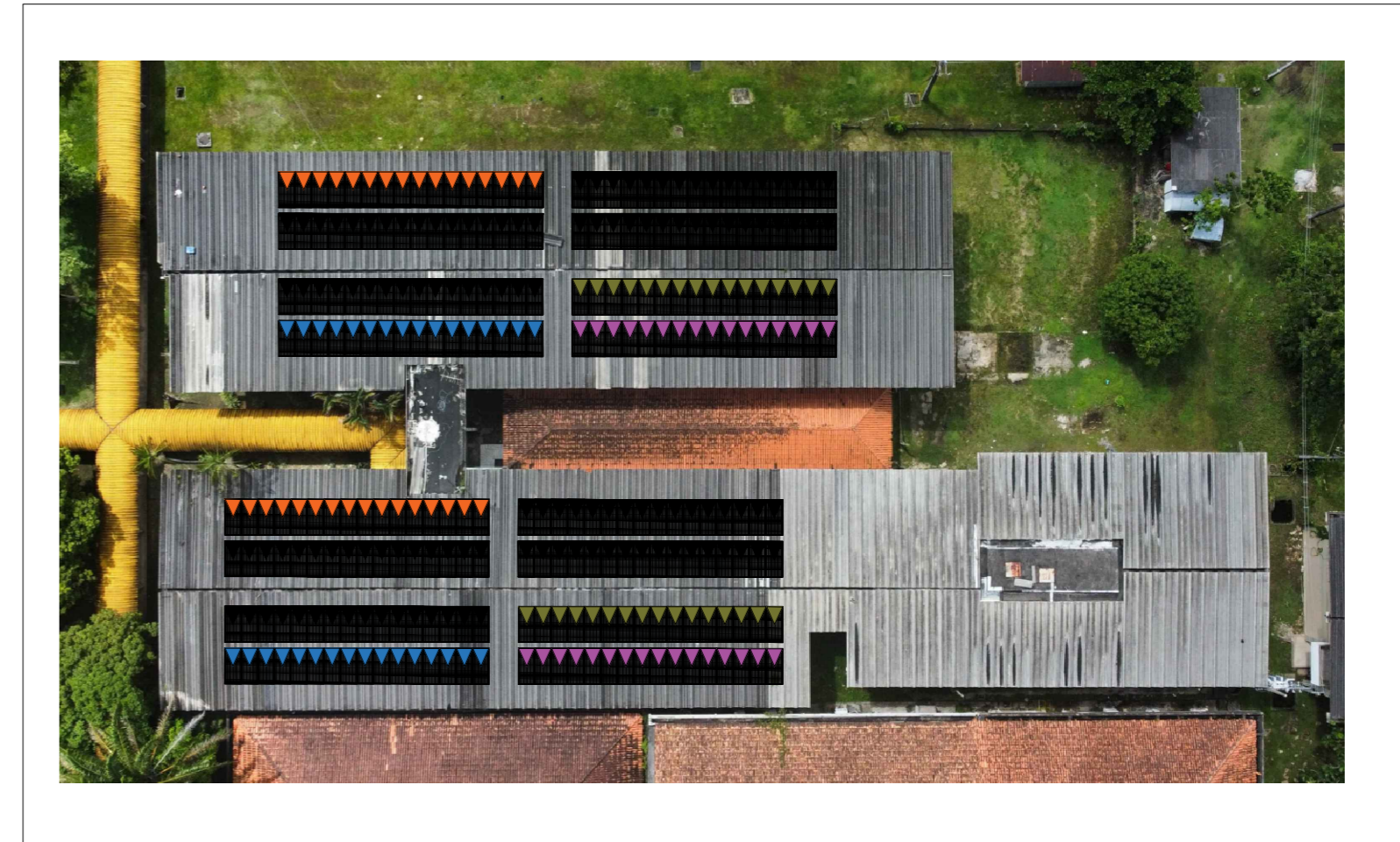


Símbolo	Descrição
	Secção transversal do eletroduto
	Secção transversal do condutor
	Medidor de energia
	Aterramento
	DPS
	Fusível
	Módulo fotovoltaico
	Disjuntor tripolar
	Disjuntor bipolar
	Disjuntor monopolar
	Chave Seccionadora

PROTEÇÕES DO INVERSOR	
	PROTEÇÃO DE SUBTENSÃO
	PROTEÇÃO DE SOBRETENSÃO
	PROTEÇÃO DE SOBREFRÊNCIA (81U)
	PROTEÇÃO DE SOBREFRÊNCIA (81O)
	RELÉ DE SINCRONISMO
	ANTILAMAMENTO
	PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE
	PROTEÇÃO DIRECIONAL DE POTÊNCIA
	PROTEÇÃO DE RECONEXÃO (TEMPORIZADOR)
	ELEMENTO DE DESCONEXÃO

NOTAS

- OS QUADROS DE MICROGERAÇÃO E GERAL POSSUEM PROTEÇÕES CONTRA SOBRECARGA, CURTO CIRCUITO E SURTOS DE TENSÃO;
- AS STRING-BOXES CC E QUADRO DE GERAÇÃO CA POSSUEM PROTEÇÕES CONTRA SOBRECARGA, CURTO CIRCUITO E SURTOS DE TENSÃO;
- O MEDIDOR DE ENERGIA DEVERÁ SER TROCADO DE UNIDIRECIONAL PARA BIDIRECIONAL PELA CONCESSIONÁRIA;
- NÃO SERÁ PERMITIDO UTILIZAÇÃO DE TERMINAIS NOS BORNES DAS STRINGBOXES CC



RESISTÊNCIA MÁXIMA DA MALHA DE ATERRAMENTO
10 Ohms A QUALQUER ÉPOCA DO ANO

ALTERAÇÕES:		RESPONSÁVEL PELO PROJETO:	
CARIMBO:		FOLHA: FV	
 CEAMAZON Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia Av. Perimetral, 2851, prédio 1, Guamá, Belém-PA		PRANCHA: SISTEMA FOTOVOLTAICO OBRA: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, DA COMPUTAÇÃO, DE TELECOMUNICAÇÕES E BIOMÉTRICA DA UFPA PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ LOCAL DO PROJETO: Campus Guamá da UFPA, Belém/PA	
		ESCALA: SEM ESCALA	COORDENADOR: EQUIPE RESPONSÁVEL:
DATA: JUN/2025			