

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Gerley Costa Lemos**

**ESTUDOS PARA ETIQUETAGEM DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
EDIFICAÇÕES A PARTIR DE RECURSOS FINANCEIROS DO PROGRAMA DE  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PEE).**

**Goiânia, 2020.**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
IFG CAMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Gerley Costa Lemos**

**ESTUDOS PARA ETIQUETAGEM DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
EDIFICAÇÕES A PARTIR DE RECURSOS FINANCEIROS DO PROGRAMA DE  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PEE).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis. Área de Concentração: Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Energias Renováveis e Engenharia Econômica Aplicada.  
Orientador: Prof. Dr. José Luis Domingos  
Coorientador: Prof. Dr. Elder Geraldo Domingues

**Goiânia, 2020.**

L557e Lemos, Gerley Costa.

Estudos para etiquetagem do nível de eficiência energética em edificações a partir de recursos financeiros do Programa de Eficiência Energética (PEE) / Gerley Costa Lemos. – Goiânia : Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2020.

151f. : il.

Orientador: Prof. Dr. José Luis Domingos.

Coorientador: Prof. Dr. Elder Geraldo Domingues.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

1. Eficiência energética. I. Domingos, José Luis (orientador). II. Domingues, Elder Geraldo (coorientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 333.79



**INSTITUTO FEDERAL**  
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
CÂMPUS GOIÂNIA

#### TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

#### Identificação da Produção Técnico-Científica:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese                                  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização           | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                       | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: |   |

Nome Completo do(a) Autor(a): **GERLEY COSTA LEMOS**

Matrícula: **20172011140073**

Título do Trabalho: **ESTUDOS PARA ETIQUETAGEM NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES A PARTIR DE RECURSOS FINANCEIROS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PEE)**

#### Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial:

Não

Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 24/09/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

#### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

GOIÂNIA, 04 DE AGOSTO DE 2020

**GERLEY COSTA LEMOS**

Documento assinado eletronicamente por:

■ Gerley Costa Lemos, GERLEY COSTA LEMOS - ESTUDANTE - INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - CÂMPUS GOIÂNIA (10870883000225), em 05/10/2020 15:22:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/08/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 74765

Código de Autenticação: 9d14af1cc4



**PARECER 1/2020 - GYN-CMTPS/GYN-DPPGE/CP-GOIANIA/IFG**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
IFG CÂMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Gerley Costa Lemos**

**ESTUDOS PARA ETIQUETAGEM NO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES A PARTIR DE RECURSOS FINANCEIROS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (PEE)**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Eficiência Energética e Engenharia Econômica Aplicada

Prof(a). Dr. JOSÉ LUIS DOMINGOS (presidente e orientador – PPGTPS IFG)

Prof(a). Dr. ELDER GERALDO DOMINGUES (coorientador – PPGTPS IFG)

Prof(a). Dr. FERNANDO NUNES BELCHIOR (avaliador externo – UFG)

Prof(a). M.e ADRIANO FERREIRA DE FARIA (avaliador externo – ENEL Distribuição Goiás)

Prof(a). Dr. DAYWES PINHEIRO NETO (avaliador – PPGTPS IFG)

Prof(a). Dr. AYLTON JOSÉ ALVES (avaliador - IFG)

Aprovado em: 04/08/2020

Documento assinado eletronicamente por:

- FERNANDO NUNES BELCHIOR, FERNANDO NUNES BELCHIOR - 233135 - PROFESSOR DE TECNOLOGIA E CÁLCULO TÉCNICO - UFG (01567601000143), em 17/08/2020 21:44:48.
- Aylton Jose Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/08/2020 19:31:20.
- Adriano Ferreira de Faria, ADRIANO FERREIRA DE FARIA - 4101 - SUPERVISORES ADMINISTRATIVOS - ENEL DISTRIBUICAO GOIAS (01543032000104), em 15/08/2020 19:11:14.
- Elder Geraldo Domingues, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/08/2020 10:45:48.
- Daywes Pinheiro Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/08/2020 17:47:53.
- Jose Luis Domingos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/08/2020 17:44:43.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/08/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 74729

Código de Autenticação: a8a8a2190d



Dedico este trabalho  
à minha querida esposa Maria Helena,  
ao meu filho Pedro Teles,  
à minha mãe Maria das Graças  
e à minha irmã Michelli.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me contemplar com a vida, estando comigo em todos os momentos e permitindo que eu faça parte de sua criação neste universo imensurável e fantástico.

À minha esposa Maria Helena da Silva Teles e meu filho Pedro Teles Costa Lemos, por estarmos juntos, partilhando experiências, somando alegrias e dividindo dores, nos tornando mais fortes nesta entidade abençoada que é a família.

À minha mãe Maria das Graças Lemos Costa e minha irmã Michelli Costa Lemos Pedatella, ao qual partilhamos as nossas histórias, em um laço de tamanha ligação que proporciona a confiança de sempre contar um com o outro em qualquer dia, hora ou lugar.

Ao Me. Adriano Ferreira de Faria, pessoa fundamental em minha jornada profissional e de estudos. Um entusiasta e incentivador da educação, temente a Deus, que não se exime dos embates necessários para a construção de um mundo mais humanitário e sustentável.

Ao orientador Prof. Dr. José Luis Domingos, por me encorajar nos momentos de insegurança, por todo seu profissionalismo esclarecendo as dúvidas e principalmente por me mostrar que podemos construir uma sociedade melhor a partir do nosso esforço, o mundo está cheio de exemplos de sucesso, basta arrancar os antolhos do senso comum, assumir responsabilidades, e ter a sabedoria de buscar e aplicar as melhores soluções para cada desafio que surgir nossa caminhada.

Aos companheiros e amigos de profissão: Odailton Silva de Arruda, Raymundo Aragão, Rafael Nielson, Pablo Paulse, Jessé Lima, Tiago Pezshkzad, Eduardo Borges, Marcio Leonel, João Alexandre, Ricardo Wayne, Carlos Malagoni, Cacilda de Fátima, Christiane Sampaio e Eduardo Frauche. Pessoas que através das experiências compartilhadas me proporcionaram a inserção ao ambiente de conhecimento e de formação profissional necessários para a realização deste estudo.

Ao coorientador Prof. Dr. Elder Geraldo Domingues e aos demais professores e membros do programa do Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis

E por fim, a todos os colegas de turma do mestrado que tive a oportunidade de conhecer e interagir ao longo desta jornada.

“O passado é registro.  
O futuro se escuda pela fé.  
E o presente?  
É um presente!  
Viva com positividade,  
sabedoria, equilíbrio e harmonia”.

(Gerley Lemos)



**TÍTULO:** Estudos para Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética em Edificações a Partir de Recursos Financeiros do Programa de Eficiência Energética (PEE).

Autor: Gerley Costa Lemos

Orientador: Prof. Dr. José Luis Domingos.

Coorientador: Prof. Dr. Elder Geraldo Domingues.

## **RESUMO**

Diante do elevado consumo de energia elétrica proveniente de edificações e considerando as possibilidades de redução de consumo proporcionadas através da implementação de ações de eficiência energética. Este estudo propõe apresentar uma metodologia para implementação de ações de efficientização energética e emissão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nível “A” pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações (PBE Edifica) a partir de recursos financeiros oriundos do Programa de Eficiência Energética (PEE). Um estudo de caso é realizado para avaliar a aplicabilidade da metodologia proposta. Os resultados da pesquisa indicam gargalos na proposta de tornar uma edificação ineficiente energeticamente em uma edificação eficiente, a partir de recursos financeiros oriundos exclusivamente do PEE. Entretanto, aponta possibilidades de ações factíveis e que dependem exclusivamente das condições da edificação levantadas a partir do diagnóstico energético.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética em Edificações, Programa de Eficiência Energética, Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações.

TITLE: Studies for Labeling the Energy Efficiency Level of Commercial and Public Services Building from Energy Efficiency Program (PEE) Financing.

Author: Gerley Costa Lemos

Advisor: Dr. José Luis Domingos

Advisor: Dr. Elder Geraldo Domingues.

### **ABSTRACT**

Considering of the high consumption of electricity from buildings and considering the possibilities of reducing consumption provided through the implementation of energy efficiency actions. This study proposes to present a methodology for implementing energy efficiency actions and issuing the National Energy Conservation Label (ENCE) level “A” by the Brazilian Building Labeling Program (PBE Edifica) based on financial resources from of the Energy Efficiency Program (PEE). A case study is carried out to assess the applicability of the proposed methodology. The results of the research indicate bottlenecks in the proposal to turn an energy inefficient building into an efficient building, using financial resources exclusively from the PEE. However, it points out possibilities for feasible actions that depend exclusively on the building conditions raised from the energy diagnosis.

KEY WORDS: Energy Efficiency in Buildings, Energy Efficiency Program, PEE, Brazilian Building Labeling Program, PBE Edifica.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução anual da geração mundial de energia elétrica. ....	23
Figura 2: Energia conservada total. ....	25
Figura 3: Linha do tempo com principais programas de EE no Brasil.....	29
Figura 4: Economia de energia decorrente das ações do PROCEL. ....	33
Figura 5: Selo PROCEL, imagem (A) e Selo PROCEL Edificação, imagem (B). ....	34
Figura 6: ENCE Geral de edificação construída. ....	36
Figura 7: ENCE Geral de projeto. ....	37
Figura 8 : Exemplo ilustrativo de composição de seção. ....	43
Figura 9: Pré-requisitos transmitância térmica e capacidade térmica. ....	44
Figura 10: Temperaturas superficiais medidas para as amostras. ....	45
Figura 11: Pré-requisitos Absortância Térmica.....	46
Figura 12: Vista em perspectiva. ....	48
Figura 13: Vista em corte. ....	49
Figura 14: Ângulo de sombreamento em abertura com sistema de proteções solares paralelas à fachada.....	50
Figura 15: Percentual de área por ZB no Brasil. ....	50
Figura 16: Módulos PROPEE.....	62
Figura 17: Percentuais obrigatórios aplicáveis. ....	63
Figura 18: Percentuais de aplicabilidade. ....	64
Figura 19: Fluxograma geral para obtenção da ENCE geral de edificação construída. ....	82
Figura 20: Fluxograma geral PBE Edifica. ....	85
Figura 21: Centro de aulas da escola de engenharias. ....	89
Figura 22: Volume da edificação entre a laje técnica e a laje de cobertura. ....	90
Figura 23: Modelo da edificação elaborado a partir do <i>Google SketchUp</i> .....	91
Figura 24: <i>Brise-soleils</i> na Fachada Norte. ....	91
Figura 25: Raios solares passando pelo vão superior dos <i>brise-soleils</i> . ....	92
Figura 26: Aberturas em tijolos de vidro na fachada Oeste. ....	92
Figura 27: Revestimento cerâmico. ....	93
Figura 28: Condensadoras utilizadas no sistema de condicionamento de Ar.....	94
Figura 29: Imagem do duto de 80 x 60 cm.....	94
Figura 30: Gabinete de ventilação <i>Berliner Luft</i> aéreo.....	94

Figura 31: Tubulação dos fluidos. ....	95
Figura 32: Tipologia de lâmpadas UFG. ....	95
Figura 33: Iluminação da sala de aula. ....	96
Figura 34: Centro de Aulas das Engenharias – Imagem Google Earth. ....	97
Figura 35: Relação entre contrapartida e RCB. ....	108
Figura 36: Composição construtiva das paredes externas. ....	109
Figura 37: Imagem projeto arquitetônico fachada Sul em <i>Autocad</i> . ....	111
Figura 38: Carta Solar fachada Sul (Azimute 174°). ....	111
Figura 39: Imagem projeto arquitetônico fachada Norte em <i>Autocad</i> . ....	112
Figura 40: Carta Solar fachada Norte (Azimute 354°). ....	113
Figura 41: Imagem projeto arquitetônico fachada Leste em <i>Autocad</i> . ....	114
Figura 42: Carta Solar fachada Leste (Azimute 74°). ....	114
Figura 43: Imagem projeto arquitetônico fachada Oeste em <i>Autocad</i> . ....	115
Figura 44: Carta Solar fachada Oeste (Azimute 264°). ....	116
Figura 45: Composição da cobertura telha branca. ....	117
Figura 46: Configuração do sistema após o <i>retrofit</i> . ....	122
Figura 47: Resultado geral do estudo de caso. ....	124
Figura 48: Capacidade instalada de geração fotovoltaica. ....	129
Figura 49: Comparativo de temperatura máxima de Goiânia. ....	131
Figura 50: Intervalo de azimutes. ....	131

## TABELAS

Tabela 1: Categorias e Regulamentos. ....	38
Tabela 2: Curvas espectrais de absorvência (amostras n° 1, 2 e 3: acrílica fosca Suvinil). ....	45
Tabela 3: Limites de fator solar e de PAZ para coberturas ....	47
Tabela 4: Parâmetros do $IC_{máxD}$ . ....	52
Tabela 5: Parâmetros do $IC_{min}$ . ....	53
Tabela 6: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência. ....	53
Tabela 7: Eficiência mínima somente com resfriamento conforme RTQ-C. ....	56
Tabela 8: Eficiência mínima com ciclo reverso conforme RTQ-C. ....	56
Tabela 9: Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações conforme RTQ-C. ....	57
Tabela 10: Equivalente numérico para cada nível de eficiência ( $EqNum$ ). ....	58
Tabela 11: Classificação Geral. ....	59
Tabela 12: Combinações de métodos de avaliação. ....	60
Tabela 13: Critérios de pontuação de classificação das propostas. ....	65
Tabela 14: Coeficientes das equações para $k = 0,15$ . ....	72
Tabela 15: Áreas e volumes. ....	90
Tabela 16: Equivalência de produtos para o sistema de iluminação. ....	99
Tabela 17: Custo dos materiais para iluminação. ....	100
Tabela 18: Custo da mão de obra para iluminação. ....	100
Tabela 19: Custos gerais do sistema de iluminação. ....	101
Tabela 20: Parâmetros para o cálculo da energia economizada e demanda retirada na ponta pelo sistema de iluminação atual. ....	101
Tabela 21: Parâmetros para o cálculo da energia economizada e demanda retirada na ponta pelo sistema de iluminação proposto. ....	102
Tabela 22: Resultados iluminação. ....	102
Tabela 23: Amostragem iluminação. ....	103
Tabela 24: Vida útil e custos do sistema fotovoltaico. ....	104
Tabela 25: Custos gerais do sistema fotovoltaico. ....	104
Tabela 26: Resultados do sistema fotovoltaico. ....	105
Tabela 27: Custos Gerais do Projeto. ....	107
Tabela 28: Resultado Global do Projeto. ....	107

Tabela 29: Transmitância das paredes.....	110
Tabela 30: Materiais e Absortâncias das paredes.....	110
Tabela 31: Valores das áreas da fachada Sul.....	111
Tabela 32: Absortância e área correspondente - fachada Sul.....	112
Tabela 33: Valores das áreas da fachada Norte.....	112
Tabela 34: Absortância e área correspondente - fachada Norte.....	113
Tabela 35: Valores das áreas da fachada Leste.....	114
Tabela 36: Absortância e área correspondente fachada Leste.....	115
Tabela 37: Valores das áreas da fachada Oeste.....	115
Tabela 38: Absortância e área correspondente fachada Oeste.....	116
Tabela 39: Transmitância térmica da cobertura.....	117
Tabela 40: Determinação do coeficiente de absortância.....	117
Tabela 41: AHS de Sombreamento.....	118
Tabela 42: AVS E FS das aberturas.....	118
Tabela 43: Valores para Definição do <i>ICenv</i> .....	118
Tabela 44: Resultados <i>ICmin</i> e <i>ICmax</i> .....	119
Tabela 45: Intervalo de <i>i</i> .....	119
Tabela 46: Resultado nível de eficiência envoltória.....	119
Tabela 47: Atendimento aos pré-requisitos específicos da Envoltória.....	120
Tabela 48: Percentual de Abertura Zenital.....	120
Tabela 49: Exigência mínima de eficiência (sem ciclo reverso).....	120
Tabela 50: Exigência mínima de eficiência (com ciclo reverso).....	121
Tabela 51: Classificação energética do sistema para resfriamento.....	121
Tabela 52: Classificação energética do sistema para ciclo reverso.....	122
Tabela 53: Resultados iluminação.....	123
Tabela 54: Atendimento às exigências.....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- $A_b$  - Área de Abertura Vista Ortogonalmente Através das Proteções Solares
- ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AC – Área/Ambiente Condicionado
- AEE - Ação de Eficiência Energética
- $A_{env}$  - Área da Envoltória
- $AF_T$  - Área da Superfície Envidraçada
- ANC - Área Não Condicionada
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
- Apcob - Área de Projeção da Cobertura
- Ape - Área de Projeção do Edifício
- ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and AC Engineers*
- Atot - Área Total Construída
- AU - Área Útil
- AVS - Ângulo Vertical de Sombreamento
- $BA_{CG}$  - Benefício Anual da Central Geradora
- $BA_{EE}$  - Benefício Anual das Ações de Eficiência Energética
- $BA_T$  - Benefício Anualizado Total
- C - Capacidade Térmica
- $C_1$  - Custo Unitário da Demanda no Horário de Ponta
- $C_2$  - Custo Unitário da Demanda no Horário Fora de Ponta
- $C_3$  - Custo Unitário da Energia no Horário de Ponta de Períodos Secos

$C_4$  - Custo Unitário da Energia no Horário de Ponta de Períodos Úmidos

$C_5$  - Custo Unitário da Energia no Horário Fora de Ponta de Períodos Secos

$C_6$  - Custo Unitário da Energia no Horário Fora de Ponta de Períodos Úmidos

$CA_n$  - Custo Anualizado de Cada Equipamento

$CA_T$  - Custo Anualizado Total

CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética

CED - Custo Unitário Evitado de Demanda

CEE - Custo Unitário da Energia Economizada

$CE_T$  - Custo Total em Equipamentos

CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência

CONPET - Programa Nacional da Racionalização dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural

COIA - Custo Cobrado Pelo OIA para o Processo de Etiquetagem

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

COP - Coeficiente de Performance

CPP - Chamada Pública de Projetos

$Ct$  - Condutividade Térmica do Componente

$CT$  - Custo Total do Projeto

$Ctp$  - Custo Total do Projeto de Eficiência Energética do PEE

DCI - Densidade de Carga Interna

DPI - Densidade de Potência de Iluminação

DPI<sub>L</sub> - Densidade de Potência de Iluminação Limite

DWG – Extensão de Arquivos de Desenho

$e$  - Espessura do Componente

EE - Eficiência Energética

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S/A



ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

ESCO – Empresas de Conservação de Energia

Env - Envoltória

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

*EqNum* - Equivalente Numérico

FA - Fator Altura

*FCPa<sub>i</sub>* - Fator de Coincidência na Ponta no Sistema *i* Atual

*FCPp<sub>i</sub>* - Fator de Coincidência na Ponta no Sistema *i* Proposto

FF - Fator de Forma

FP - Fator de Perda

*FRC<sub>u</sub>* - Fator de Recuperação do Capital para *u* Anos

FS - Fator Solar

GD - Geração Distribuída

*i* – Subdivisões do Indicador de Consumo

*i* – Taxa de Juros

*IC<sub>env</sub>* - Indicador de Consumo da Envoltória

ICOP - Coeficiente Integrado de Performance

IFG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

*IC<sub>máxD</sub>* - Limite Máximo do Indicador de Consumo

*IC<sub>min</sub>* - Limite Mínimo do Indicador de Consumo

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

*Ipbe* - Incentivo a Etiquetagem Via PBE Edifica

IPLV - *Integrated Part-Load Value*

*k* - Constante de Referência para Definição das Perdas de Energia

$LE_1$  - Constante de Perda de Energia no Posto de Ponta de Períodos Secos Considerando 1 kW de Perda de Demanda no Horário de Ponta

$LE_2$  - Constante de Perda de Energia no Posto de Ponta de Períodos Úmidos Considerando 1 kW de Perda de Demanda no Horário de Ponta

$LE_3$  - Constante de Perda de Energia no Posto de Ponta de Períodos Secos Considerando 1 kW de Perda de Demanda no Horário Fora de Ponta

$LE_4$  - Constante de Perda de Energia no Posto de Ponta de Períodos Úmidos Considerando 1 kW de Perda de Demanda no Horário Fora de Ponta

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

M&V- Medição e Verificação

MCA – Metros por Coluna D'água

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

MPOG – Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão

$n$  - Tamanho Reduzido da Amostra

$N$  - Tamanho da População

$n_0$  - Tamanho Inicial da Amostra

$nd$  - Número de Dias, ao Longo do Mês, de Utilização em Horário de Ponta ( $\leq 22$  dias)

$nm$  - Número de Meses, ao Longo do Ano, de Utilização em Horário de Ponta ( $\leq 12$  meses)

$nup$  - Número de Horas de Utilização em Horário de Ponta ( $\leq 3$  horas)

OIA - Organismo de Inspeção Acreditado

ONS - Operador Nacional do Sistema

$pa_i$  - Potência da Lâmpada e Reator no Sistema  $i$  Atual

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PAFo - Percentual de Abertura na Fachada Oeste

PAFT - Percentual de Abertura na Fachada Total

PAZ - Percentual de Abertura Zenital

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PE<sub>cons</sub> - Potência Elétrica Consumida Pelo Sistema de Climatização

PEE - Programa de Eficiência Energética

PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética

POC - Percentual de Horas Ocupadas em Conforto

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROESCO - Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética

PROPEE - Procedimento do Programa de Eficiência Energética

PT - Pontuação Total

PT<sub>ret</sub> - Potência Térmica Retirada do Ambiente Climatizado

PU - Padrão de Uso

$P_{ua_i}$  - Potência Média do Aparelho no Sistema  $i$  Atual

$P_{up_i}$  - Potência Média do Aparelho no Sistema  $i$  Proposto

$qa_i$  - Número de Lâmpadas/Aparelhos no Sistema  $i$  Atual

$qp_i$  - Número de Lâmpadas/Aparelhos no Sistema  $i$  Proposto

$R_a$  - Resistência Térmica da Superfície  $a$

$R_b$  - Resistência Térmica da Superfície  $b$

$A_a$  - Área da Seção  $a$

$A_b$  - Área da Seção  $b$

RAC - Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações

RCB - Relação Custo Benefício

RDP - Redução de Demanda em Horário de Ponta

RRT - Registro de Responsabilidade Técnica

$R_T$  - Resistência Térmica

RTQ - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações

SGPEE - Sistema de Gestão de Eficiência Energética

SLTI - Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação

TE - Tarifa de Energia

TSEE - Tarifa Social de Energia Elétrica

TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TEP – Tonelada Equivalente de Petróleo

$u$  - Vida Útil dos Equipamentos

Ucob - Transmitância Térmica da Cobertura

UCS - *Union of Concerned Scientists*

UFG – Universidade Federal de Goiás

Upar - Transmitância Térmica das Paredes

$U_T$  - Fração Transmitida da Radiação Incidente, ou Transmitância

ZB - Zona Bioclimática

$\alpha_{cob}$  - Absortância Térmica da Cobertura;

$\alpha_{par}$  - Absortância Térmica das Paredes

$\alpha$  - Fração Absorvida da Radiação Incidente, ou Absortância

$\rho$  - Fração Refletida da Radiação Incidente, ou Refletância

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>23</b>
1.1	OBJETIVO GERAL	27
1.1.1	Objetivos Específicos	27
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	28
<b>2</b>	<b>HISTÓRICO E DIRETRIZES DOS PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>29</b>
2.1	CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DO PROCEL	32
2.2	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM PARA EDIFÍCIOS (PBE EDIFICA)	35
2.2.1	Procedimentos e Regulamentos	38
2.2.2	Método Prescritivo	40
2.2.2.1	Pré - Requisitos Gerais	41
2.2.2.2	Envoltória	41
2.2.2.3	Iluminação – PBE Edifica	53
2.2.2.4	Condicionamento de Ar – PBE Edifica	55
2.2.2.5	Bonificações	57
2.2.2.6	Determinação do Nível de Eficiência	58
2.2.3	Método de Simulação	59
2.2.4	Possibilidades Combinatórias de Avaliação	60
2.2.5	Emissão da certificação	61
2.3	PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DA ANEEL (PEE)	61
2.3.1	Chamada Pública de Projetos (CPP)	64
2.3.2	Projetos Especiais	67
2.3.3	Viabilidade Econômica de Projetos de Eficiência Energética	68
2.3.4	Cálculo dos Custos	69
2.3.5	Cálculo dos Benefícios	70
2.3.6	Iluminação - PEE	73
2.3.7	Condicionamento de Ar - PEE	75
2.3.8	Fontes Incentivadas (Geração Distribuída) - PEE	76
2.3.9	Marketing e Divulgação	77
2.3.10	Treinamento e Capacitação	77
2.3.11	Medição e Verificação	78
2.3.11.1	Fatores Considerados em Um Plano de M&V	78
2.3.11.2	Cálculo do Número de Amostras	80
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>81</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>88</b>
4.1	AVALIAÇÃO INICIAL PBE EDIFICA	88
4.1.1	Caracterização do Objeto de Estudo	88
4.1.2	Avaliação Geral Envoltória – PBE Edifica	89
4.1.3	Pré-diagnóstico Condicionamento de Ar – PBE Edifica	93
4.1.4	Pré-diagnóstico Iluminação – PBE Edifica	95
4.1.5	Bonificação (Geração Solar Fotovoltaica) - PBE Edifica	96
4.1.6	Considerações do Pré-diagnóstico - PBE Edifica	97
4.2	PROJETO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (PEE)	97
4.2.1	Condicionamento de Ar	98
4.2.2	Envoltória	98
4.2.3	Iluminação	99
4.2.3.1	Plano de M&V - Iluminação	102
4.2.4	Fonte Incentivada (Geração Solar Fotovoltaica) - PEE	103
4.2.4.1	Plano de M&V – Sistema Fotovoltaico	105
4.2.5	Marketing e Divulgação	106
4.2.6	Treinamento e Capacitação	106
4.2.7	Resultado Global do Projeto	106

4.2.8	Análise de Viabilidade Econômica Conforme PEE.....	107
4.3	ETIQUETAGEM PBE EDIFICA.....	108
4.3.1	Pré-requisitos Gerais .....	109
4.3.2	Envoltória – PBE Edifica.....	109
4.3.2.1	Paredes .....	109
4.3.2.2	Fachada Sul .....	111
4.3.2.3	Fachada Norte .....	112
4.3.2.4	Fachada Leste.....	113
4.3.2.5	Fachada Oeste .....	115
4.3.2.6	Cobertura.....	116
4.3.2.7	Determinação do Nível de Eficiência da Envoltória .....	118
4.3.3	Condicionamento de ar – PBE Edifica.....	120
4.3.4	Iluminação – PBE Edifica.....	122
4.3.5	Pontuação Total e Nível de Eficiência Final da Edificação.....	123
4.4	RESULTADO GERAL DO ESTUDO DE CASO .....	124
4.5	ANÁLISE CRÍTICA POR ITEM DE AVALIAÇÃO DO PBE EDIFICA .....	125
4.6	SUGESTÕES DE MODIFICAÇÃO NA LEGISLAÇÃO .....	127
4.6.1	Sugestão de Disponibilização de Recurso - PEE .....	127
4.6.2	Origem do Recurso - PEE.....	128
4.6.3	Sugestão de Modificação na Legislação Vigente – PBE Edifica.....	129
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>133</b>
5.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	135
5.2	ARTIGOS APRESENTADOS.....	136
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>137</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>141</b>
	<b>ANEXO A .....</b>	<b>141</b>
	<b>ANEXO B .....</b>	<b>142</b>
	<b>ANEXO C .....</b>	<b>143</b>
	<b>ANEXO D .....</b>	<b>144</b>
	<b>ANEXO E .....</b>	<b>145</b>
	<b>ANEXO F.....</b>	<b>146</b>
	<b>ANEXO G .....</b>	<b>147</b>
	<b>ANEXO H.....</b>	<b>148</b>
	<b>ANEXO I .....</b>	<b>149</b>
	<b>ANEXO J.....</b>	<b>150</b>
	<b>ANEXO L .....</b>	<b>151</b>
	<b>ANEXO M .....</b>	<b>152</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em novembro de 2017 foi publicada pela revista científica "*BioScience*" uma carta assinada por 15.364 cientistas de 184 países, denominada "*World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice*", que alerta aos riscos sociais e ambientais provenientes do alto consumo de recursos naturais (RESEARCHER et al., 2017).

É uma evidência que o ritmo atual de consumo é insustentável e que a humanidade necessita modificar sua forma de interação com o planeta. Neste sentido, torna-se imprescindível a implementação de alternativas que permitam o desenvolvimento com equilíbrio, assegurando o atendimento das necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades.

Atualmente, é cada vez maior a demanda de energia elétrica para a produção de alimentos, bens de consumo, serviços e lazer, promovendo o desenvolvimento econômico, social e cultural. O gráfico da Figura 1 apresenta a evolução anual da geração mundial de energia elétrica, no intervalo entre os anos de 2012 e 2016, conforme Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE/MME, 2019).

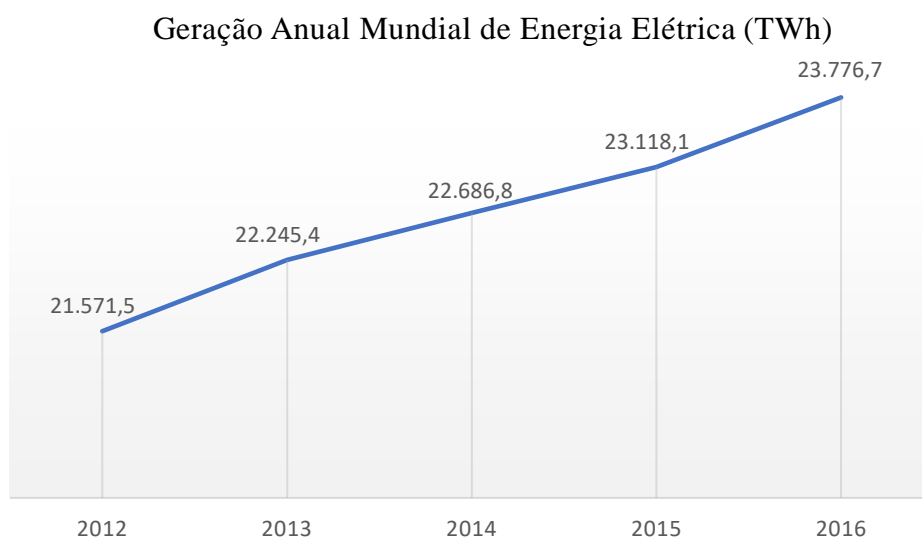


Figura 1: Evolução anual da geração mundial de energia elétrica.

Conforme apresentado, a geração mundial de energia elétrica vem aumentando anualmente e, neste cenário é preciso compreender que, para o atendimento a demanda de energia elétrica, é necessário a utilização cada vez maior de recursos naturais. As formas de obtenção deste bem tão primordial para o mundo contemporâneo e as práticas de usos de energia elétrica devem ser redirecionadas de forma a mitigar os impactos ambientais.

O mito da “natureza inesgotável” já não pode mais ter lugar nas ações cotidianas, os recursos naturais são escassos e há a necessidade de readequação nas atitudes dos seres humanos perante o meio ambiente (FARIA, 2016).

Edificações no segmento comercial, residencial e público são identificadas como a principal demanda de eletricidade no Brasil, responsável por cerca de 50% do total da eletricidade consumida (ABESCO, 2015). Grande parte dessa energia é utilizada para prover conforto ambiental. Estima-se o potencial técnico de economia em edificações em torno de 35%, quando se considera a eficiência energética nas edificações desde a fase de projeto (MELO; SORGATO; LAMBERTS, 2014).

Edificações ineficientes energeticamente se apresentam como um verdadeiro nicho de oportunidades de atuação sob o aspecto da sustentabilidade. A renovação do conjunto de edifícios existentes é considerado fator chave para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2e</sub>) oriundas de gastos energéticos (MCCORMICK et al., 2016).

Toda e qualquer ação que promova a redução do consumo de energia mantendo o nível de serviço prestado podem ser definidas como ações de eficiência energética. As ações para melhoria da eficiência energética podem resultar também em aumentos de lucratividade associados à melhoria da qualidade e da confiabilidade dos processos (MOREIRA et al., 2017).

O potencial de conservação de energia existente no país deve ser utilizado como um instrumento capaz de compor a estratégia futura em atendimento à expansão do mercado de energia elétrica. Assim, é importante e necessário o desenvolvimento de mecanismos que permitam explorar esse potencial por meio da ampliação e da sustentação dos atuais programas de eficiência energética. Também é de suma importância a implementação de novas ações visando à criação de um mercado sustentável de eficiência energética no Brasil (ANEEL, 2017).

A utilização de equipamentos mais modernos e eficientes que reduzem o consumo de eletricidade possibilitam a conservação da energia que seria disponibilizada ao mercado. Logo, a energia não consumida fica à disposição do sistema elétrico e de outros consumidores. Assim, a eficiência energética estabelece uma fonte de geração virtual de energia, garantindo, também, uma maior segurança energética pela redução da carga do sistema elétrico como um todo (ANEEL, 2016a).



A Figura 2 indica, a projeção dos ganhos de redução na demanda brasileira de energia convertida em Toneladas Equivalente de Petróleo (TEP)<sup>1</sup>. Trata-se de um comparativo entre relação do consumo final de energia, incorporando ganhos de eficiência energética, e o consumo de energia que ocorreria caso fossem mantidos os padrões tecnológicos observados no ano base, 2017. Os resultados da contribuição da eficiência energética projetam para 2027 uma redução de 19 milhões de TEP, equivalente a 7% do consumo final energético do Brasil em 2017 (EPE/MME, 2018).

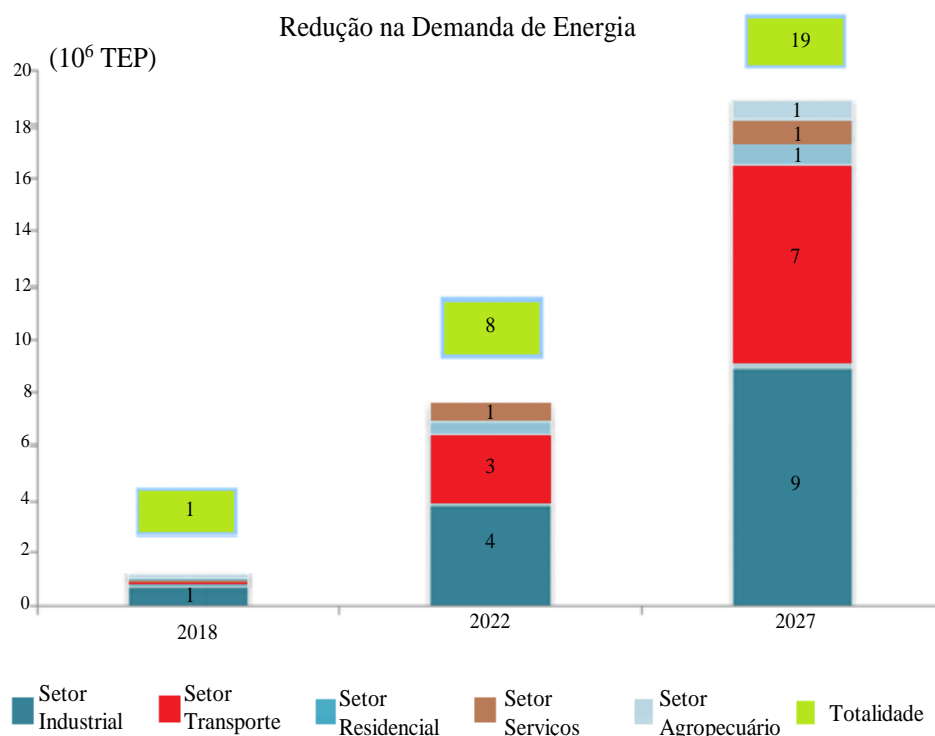


Figura 2: Energia conservada total.

Além dos ganhos provenientes da conservação da energia disponibilizada ao sistema elétrico, também devem ser contabilizados os ganhos ambientais proporcionados pela redução na emissão de CO<sub>2e</sub>, considerando metodologias utilizadas para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que contemplem atividades de eficiência energética (FARIA et al., 2017).

<sup>1</sup> A Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP) é uma unidade de energia utilizada na comparação do poder calorífico de diferentes formas de energia com o petróleo. Uma TEP corresponde à energia que se pode obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão.

Entretanto, apesar de todos os benefícios, ainda há barreiras que dificultam a difusão das práticas eficientes das quais é possível destacar a baixa priorização dos projetos de eficiência pelas empresas e consumidores, falta de conhecimento sobre o potencial e medidas de eficiência, carência de informações e dados, falta de confiança sobre os reais custos e benefícios das ações de eficiência, modelos de negócio para realização de investimentos em eficiência, resistência a mudança, dentre outros.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017), o aproveitamento das oportunidades de efficientização energética requerem necessariamente uma visão integrada de todos os agentes envolvidos (governo, setor privado, instituições financeiras e sociedade em geral). Neste sentido, é fundamental a implementação de estratégias de integração eficazes, com capacidade de disponibilizar as informações referentes as oportunidades de ações no campo da sustentabilidade aos diversos agentes interessados.

Nesta perspectiva, e levando em consideração que a eficiência energética é o princípio fundamental de existência do Programa de Eficiência Energética da ANEEL (PEE) e do Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações (PBE Edifica), este estudo parte da hipótese de que o PEE pode ser utilizado como opção de disponibilização de recursos para a implementação de ações visando o atendimento aos requisitos para etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações já existentes através do PBE Edifica.

Assim, a motivação para realização deste estudo consiste em apresentar para a sociedade uma possibilidade de disponibilização de recursos financeiros, passíveis de serem empregados visando a implementação de ações para adequações em edificações já construídas a fim de torná-las eficientes energeticamente, bem como a realização da etiquetagem do nível de eficiência do edifício.

Desta forma, os projetos de eficiência energética do PEE passam a disponibilizar através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) a informação do nível de eficiência energética da edificação. Esta informação auxilia na busca e garantia de edificações mais eficientes, possibilitando o crescimento econômico do país a partir do controle do crescimento do consumo de energia.

Além deste aspecto, a proposta deste trabalho proporciona outros benefícios (CB3E et al., 2014): i) se apresenta como uma ferramenta importante na tomada de decisão quando da compra de um imóvel, permitindo comparar as classes de eficiência entre uma edificação e outra; ii) promove a redução do consumo de energia elétrica, gerando economia na fatura de energia durante toda a vida útil do empreendimento; iii) possibilita, ao governo, conhecer o desempenho energético do edifício e estabelecer índices mínimos de desempenho para novas

edificações; iv) permite a definição de políticas, programas e projetos para a promoção da eficiência energética das edificações brasileiras.

Um ponto de destaque, é a escassez de outros estudos nesta linha de proposta. Na literatura existente não foram localizados outros trabalhos que evidenciam as possibilidades de atuação, bem como os procedimentos que devem ser observados na proposta de utilização simultânea entre o PEE e o PBE Edifica.

É importante salientar que a metodologia proposta pode ser replicada a outros edifícios já existentes comerciais e/ou públicos tais como: escolas, instituições ou associações de diversos tipos, incluindo prática de esportes; tratamento de saúde de animais ou humanos como hospitais, postos de saúde e clínicas; vendas de mercadorias em geral; prestação de serviços; bancos; diversão; preparação e venda de alimentos; escritórios e edifícios empresariais, de uso de entidades, instituições ou organizações públicas municipais, estaduais e federais, incluindo sedes de empresas ou indústrias, desde que não haja a atividade de produção nesta última; meios de hospedagem. As atividades listadas nesta definição não excluem outras não listadas (INMETRO, 2013).

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho consiste em apresentar uma metodologia para implementação de ações de efficientização energética e a emissão da ENCE geral de edificação construída, do PBE Edifica, a partir de recursos financeiros oriundos do PEE.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

Já os objetivos específicos consistem em:

- a) explicitar e contextualizar os objetivos, o histórico e a fundamentação do PEE e do PBE Edifica;
- b) apresentar as diretrizes referentes a legislação vigente, conforme os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), para elaboração de projetos através do PEE;
- c) compilar as diretrizes referentes a legislação vigente, conforme Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ), para avaliação do nível de eficiência energética através do PBE Edifica;
- d) realizar estudo de caso com aplicação da metodologia proposta;

- e) analisar a viabilidade econômica de acordo com a metodologia especificada na regulamentação vigente, considerando as ações a serem financiadas com recursos do Programa de Eficiência Energética (PEE);
- f) realizar análise crítica, propor modificações na legislação vigente e apresentar conclusões.

## **1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Para o alcance dos objetivos elencados, o restante deste trabalho está dividido da seguinte forma:

O Capítulo 2 apresenta a contextualização histórica, evidenciando a origem do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edifícios (PBE Edifica) e do Programa de Eficiência Energética (PEE). Em seguida, é apresentada a revisão bibliográfica do PBE Edifica e, na sequência, é realizada a revisão bibliográfica do PEE compilando informações necessárias para formatação de projetos conforme a metodologia proposta neste estudo.

O Capítulo 3 é destinado a apresentar a metodologia indicada para atingir o objetivo da proposta de implementação simultânea de projetos entre o PEE e o PBE Edifica.

O Capítulo 4 apresenta o estudo de caso em que: i) é realizada a avaliação inicial do PBE Edifica, com a elaboração do pré-diagnóstico que fundamentam formatação do projeto de eficiência energética através do PEE; ii) é apresentado o projeto de eficiência energética formatado através do PEE; iii) é realizado o processo de etiquetagem através do PBE Edifica; iv) é apresentado o resultado geral do estudo de caso; v) é realizada a análise crítica por item de avaliação do PBE Edifica; vi) são apresentadas as sugestões de modificação na legislação vigente.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões em relação à pesquisa desenvolvida, e sugestões para trabalhos futuros. Na sequência, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas e por fim, os anexos da pesquisa.

## 2 HISTÓRICO E DIRETRIZES DOS PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um amplo programa de conservação de energia, coordenado pelo Inmetro, que utiliza etiquetas informativas a respeito do desempenho de máquinas e equipamentos elétricos, sendo de adesão compulsória para alguns equipamentos. Inicialmente pensado para o setor automotivo, por causa das crises do petróleo que afetaram o mundo na década de 70, este projeto foi redirecionado e ampliado. Fazem parte do PBE os programas de Avaliação da Conformidade que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação da Energia (ENCE) para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito à sua eficiência energética. Os programas do PBE são coordenados em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), duas iniciativas governamentais operacionalizadas, respectivamente, pela Petrobrás e pela Eletrobrás, que premiam os produtos mais eficientes na etiquetagem do Inmetro (PAULSE, 2016).

O Brasil vem trabalhando com programas governamentais para eficiência energética desde 1984, conforme Figura 3 (EPE/MME, 2017).

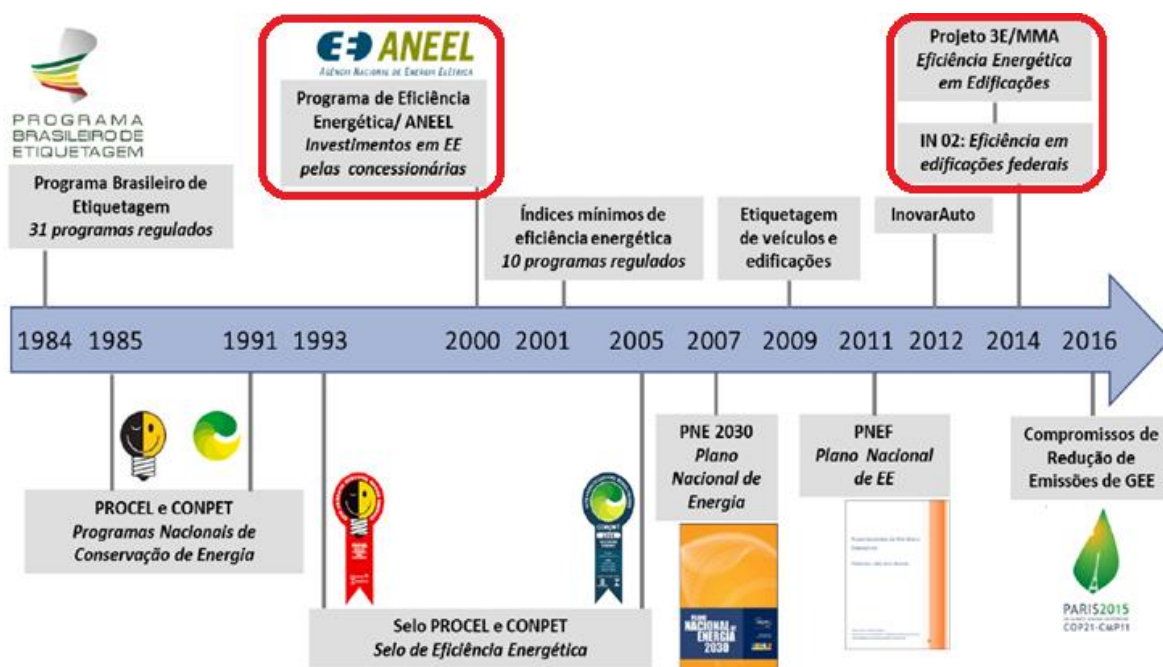


Figura 3: Linha do tempo com principais programas de EE no Brasil.

O primeiro programa, criado em 1984, é o **Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)**, coordenado pelo INMETRO. Através de etiquetas comparativas de desempenho energético, fornece informações sobre o consumo específico dos produtos, a fim de influenciar a escolha dos consumidores, sendo basicamente um instrumento voltado à educação e redução de assimetria de informação sobre o desempenho energético dos equipamentos, assim como estimula a fabricação de produtos com maior nível de eficiência energética. O número de equipamentos abrangidos vem crescendo, e inclui sistemas fotovoltaicos, veículos leves e edificações.

Em 1985, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo MME e operacionalizado pela ELETROBRÁS. O PROCEL é constituído por diversos subprogramas, dentre os quais se destacam ações nas áreas de iluminação pública, industrial, saneamento, educação, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal, informações, desenvolvimento tecnológico e divulgação.

Em 1991, foi criado o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – Conpet, coordenado pelo MME e operacionalizado pela Petrobras. O Conpet é constituído por vários subprogramas, dentre os quais se destacam ações na área de transporte de carga, passageiros e combustíveis, educação, marketing e premiação.

No ano 2000, a ANEEL estabelece os **Programas de EE para as Concessionárias**, definindo obrigações e encargos das Concessionárias de Energia Elétrica perante o poder concedente. A Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000, regulamenta a obrigatoriedade de investimentos de empresas concessionárias e permissionárias distribuidoras de energia elétrica no Brasil em PEE, consolidando assim o Programa de Eficiência Energética.

O processo de Etiquetagem em Edificações teve início a partir da Lei nº 10.295, promulgada em 17 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001a), conhecida como Lei da Eficiência Energética que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e visa desenvolver, difundir e estimular a eficiência energética no País (CB3E et al., 2014). Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b), que determinou que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País.

Os níveis de consumo para edificações construídas são estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste Decreto, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia. Para tanto, foi instituído em 2003 o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE e, especificamente para edificações.

O CGIEE e seus comitês técnicos contam com apoio técnico do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO, do Programa Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia - PROCEL/ELETRORBRAS, do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural – CONPET, do Centro de Pesquisa em Energia Elétrica – CEPEL, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e da Agência Nacional do Petróleo – ANP (MME, 2018).

Sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME), foi criado o grupo Técnico para Melhoria da Eficiência Energética nas Edificações no País (GT-Edificações), para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil, visando o uso racional da energia elétrica.

O GT-Edificações, após uma análise crítica do estado da arte internacional, decidiu pela etiquetagem de edificações como sua primeira ação. Para efetivar a ação foi desenvolvido o PBE Edifica em parceria com o Inmetro e a Eletrobrás. A Etiqueta PBE Edifica é o selo de conformidade que evidencia o atendimento a requisitos de desempenho (e, em alguns casos, adicionalmente, também de segurança) estabelecidos em normas e regulamentos técnicos. Dependendo do critério de desempenho avaliado, ela recebe nomes diferentes. Quando a principal informação é a eficiência energética do produto ou da edificação, o nome recebido é Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (PROCEL, 2013).

Em 2007 é divulgado o Plano Nacional de Energia - PNE 2030 (MME, 2007) que norteia o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas.

Em 2009 foi publicada a metodologia para a classificação do nível de eficiência energética em edifícios comerciais com revisão em 2010, ano em que também foi publicada a metodologia para classificação dos edifícios residenciais. Desde agosto de 2014, a Etiquetagem de Edificações tornou-se obrigatória em edifícios da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, conforme Instrução Normativa MPOG/SLTI N°2 (BRASIL, 2014).

De 2008 a março de 2016, estima-se que foram aplicados 5 bilhões de reais em eficiência energética, principalmente para população de baixa renda, setor residencial e poder público, com economia de 4,6 TWh/ano (ANEEL, 2016). Um dos benefícios do programa é, além do grande volume de recursos investidos, que os investimentos são realizados na área de atuação das concessionárias, distribuindo os investimentos pelo país.

Em 2011 foi lançado pelo Ministério de Minas e Energia o Plano Nacional de Eficiência Energética PNEf (MME, 2011), como consequência e síntese dos estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), estatal subordinada ao MME, com o desafio de economizar

10% de energia no horizonte de 2030. O plano objetiva alinhar os instrumentos de ação governamental, orientar a captação dos recursos, promover o aperfeiçoamento do marco legal e regulatório afeto ao assunto, constituir um mercado sustentável de Eficiência Energética e mobilizar a sociedade brasileira no combate ao desperdício de energia, preservando recursos naturais.

Em 2013, foram aprovados os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) através da Resolução Normativa nº 556, de 02 de julho de 2013, com uma série de aprimoramentos como a realização de chamadas públicas para seleção de projetos. A ANEEL pode abrir chamadas para projetos prioritários, quando identifica uma necessidade específica. Até 2016, o programa exigia que 60% dos investimentos fossem destinados para projetos que beneficiassem a população de baixa renda. Com a Lei 13.280/2016, estes investimentos ficam limitados a 80%, sem parcela mínima. Um aspecto a ser considerado é que ao investir em eficiência energética, as distribuidoras reduzem sua receita com a venda de energia, mas cria-se também a possibilidade de novos modelos de negócio baseados na eficiência energética.

Em 2014, a Instrução Normativa 2 (BRASIL, 2014) define através do Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações (PBE Edifica), que edificações públicas federais contempladas com processos de *retrofit*, as obras devem ser contratadas visando à obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) Parcial da Edificação Construída classe "A", ou seja nível máximo de eficiência energética.

Em 23 de outubro de 2018 a resolução normativa nº 830/ 2018 (ANEEL, 2018a) altera os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE, aprovado pela Resolução Normativa nº 556, de 02 de julho de 2013, com revisões na relação com da Pesquisa e Desenvolvimento – P&D e Eficiência Energética – EE e com alterações nas possibilidades de disponibilizações de recursos através de contrato de desempenho ou a fundo perdido<sup>2</sup>.

## **2.1 CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DO PROCEL**

O Procel tem como principal objetivo a promoção do uso eficiente da energia elétrica e o combate ao desperdício. Os resultados energéticos obtidos pelas ações do programa contribuem para a eficiência dos bens e serviços, bem como possibilitam a postergação de investimentos no setor elétrico, reduzindo os impactos ambientais. Os ganhos energéticos anuais decorrentes das ações do PROCEL, desde 2014, podem ser verificados na Figura 4 (PROCEL et al., 2019).

---

<sup>2</sup> As modalidades de contrato de desempenho e fundo perdido serão detalhadas no item 2.3.1



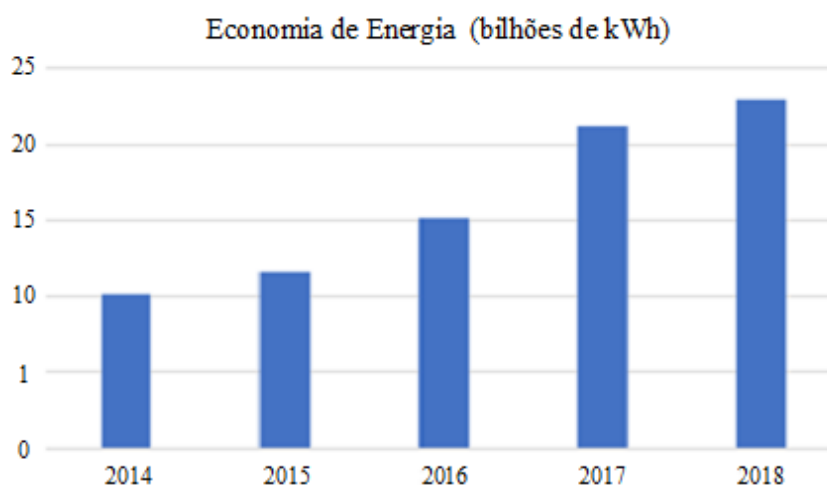


Figura 4: Economia de energia decorrente das ações do PROCEL.

Os resultados energéticos globais alcançados pelo PROCEL se devem principalmente ao Selo PROCEL, uma certificação de economia de energia concedida de forma voluntária aos produtos mais eficientes comercializados.

O Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) é responsável por determinar os níveis mínimos de eficiência energética e estabelece o programa de metas para aprimorar estes índices em que o objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais.

O PROCEL Edifica é um subprograma do PROCEL que tem por objetivo desenvolver atividades com vistas à divulgação e ao estímulo à aplicação dos conceitos de eficiência energética em edificações, e contribuir com a expansão, de forma energeticamente eficiente, do setor habitacional do país, reduzindo os custos operacionais na construção e utilização dos imóveis (CB3E et al., 2014).

A certificação em edificações teve início no ano de 2014 quando o PROCEL estendeu sua abrangência, com o lançamento do Selo PROCEL Edificações. O Selo PROCEL Edificações pode ser utilizado como caminho alternativo para a comprovação do atendimento ao pré-requisito de desempenho energético mínimo no processo de obtenção da certificação internacional de construções sustentáveis LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*, desenvolvida pela ONG americana *U.S. Green Building Council* e concedida no país pelo *Green Building Council Brazil*. O critério de equivalência é válido para edificações comerciais, públicas e de serviços localizadas em todo o território nacional, exceto as destinadas à assistência médica, data centers, instalações industriais, armazéns e laboratório (ELETROBRAS, [s.d.]).

A aplicação da Lei de Eficiência Energética 10.295/2001 (BRASIL, 2001a), por meio do Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) e sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME), articula-se intrinsecamente à ENCE e ao Selo PROCEL, uma vez que esses mecanismos de estímulo à utilização de produtos eficientes são complementares e compartilham metodologias de ensaio e rede laboratorial para a certificação dos equipamentos.

Por meio da orientação e do estímulo à aquisição de equipamentos mais eficientes são disponibilizadas informações ao consumidor final. Esse resultado imputado ao Selo PROCEL incorpora a contribuição indissociável da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), concedida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro (PROCEL et al., 2019).

Desta forma, para obtenção do Selo PROCEL Edificações, é necessário possuir a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ou ENCE do PBE Edifica, classe A, para os três sistemas: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar (ELETROBRAS PROCEL, 2015). A Figura 5 (A) exibe um modelo de Selo PROCEL de equipamentos e a Figura 5 (B) exibe um modelo de Selo Procel de edificações.

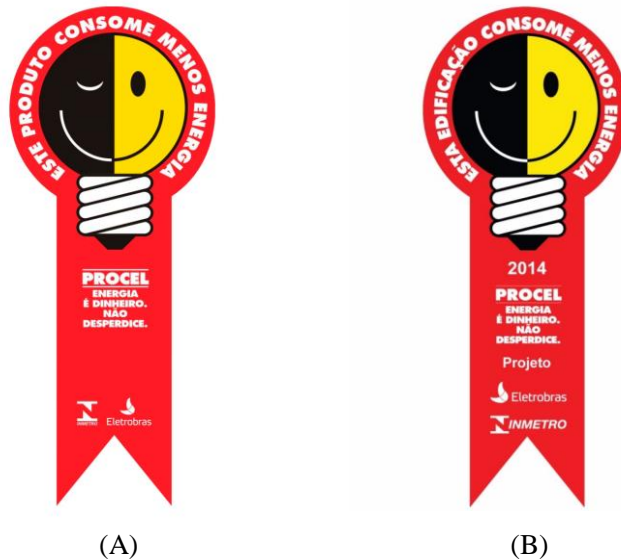


Figura 5: Selo PROCEL, imagem (A) e Selo PROCEL Edificação, imagem (B).

## 2.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM PARA EDIFÍCIOS (PBE EDIFICA)

O Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações (PBE Edifica) faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) desenvolvido em parceria entre o Inmetro e a Eletrobras/PROCEL Edifica. É um sistema de etiquetagem que evidencia o nível de eficiência energética de uma edificação, conforme a sua classificação através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ou ENCE que possui escala que vai de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente).

Para obter a etiqueta o empreendimento precisa, de acordo com cada tipologia, atender aos requisitos técnicos de eficiência exigidos pelo programa. Para isso, são avaliados níveis de desempenho ligados aspectos arquitetônicos e de engenharia.

É possível a realização da avaliação do nível de eficiência energética da edificação na fase de projeto ou já com a edificação construída. As inspeções são realizadas pelo Organismo de Inspeção Acreditado<sup>3</sup> (OIA) com base nos Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações RTQs e nos critérios estabelecidos nos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações RAC (CB3E et al., 2014).

A ENCE pode ser fornecida para a edificação completa ou parcela da edificação. Para a ENCE Geral as informações englobam os três sistemas avaliados: Envolória, Iluminação e Condicionamento além da pontuação obtida através das bonificações (INMETRO; PROCEL; ELETROBRAS, 2013).

A disposição das informações na ENCE Geral de edificação construída se apresenta na seguinte disposição:

- a) na parte superior é exibido o cabeçalho onde estão a logomarca do Inmetro, as características da inspeção e os dados da edificação como identificação e localização;
- b) no corpo da etiqueta é evidenciada a classificação do nível de eficiência energética da edificação representado no exemplo pela letra “A”;
- c) no corpo da etiqueta também estão evidenciadas as classificações do nível de eficiência

---

<sup>3</sup> Organismo de Inspeção Acreditado é uma empresa que, após se adequar aos requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17020:2012, é autorizado pelo INMETRO a fazer inspeções em edificações para avaliação segundo o Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações (PBE Edifica)

energética e características de cada sistema individual avaliado com a indicação do atendimento aos pré-requisitos gerais e pontuação obtida por bonificações;

- d) no rodapé tem-se validade da etiqueta, a identificação do PROCEL, do Inmetro e do OIA que realizou a inspeção na edificação.

A Figura 6 apresenta a imagem de um modelo de ENCE Geral de edificação construída (INMETRO; PROCEL; ELETROBRAS, 2013).

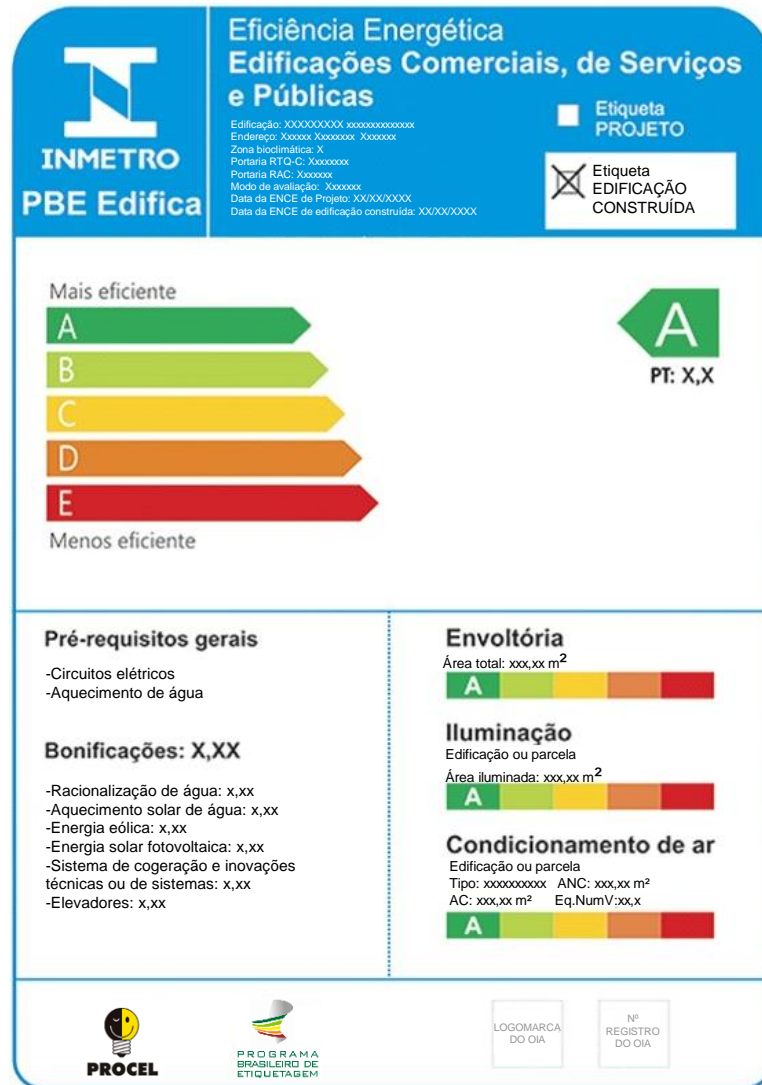


Figura 6: ENCE Geral de edificação construída.

A ENCE Geral de Projeto é etiqueta emitida na fase de projeto, com prazo de validade previamente definido e difere da ENCE geral de edificação construída por possuir algumas observações específicas:

- a) no corpo da etiqueta consta a observação, destacada em vermelho, de que “o nível de eficiência alcançado deve ser confirmado pela etiqueta de edificação construída”;

b) no rodapé consta a validade da etiqueta.

A Figura 7 apresenta a imagem de um modelo de ENCE Geral de projeto.



Figura 7: ENCE Geral de projeto.

É importante destacar que, além das avaliações gerais da edificação, é possível a realização de etiquetagem parcial nas seguintes opções de avaliação:

- envoltória;
- envoltória e sistema de iluminação;
- envoltória e condicionamento de Ar.

Para estas combinações apresentadas são emitidas ENCEs Parciais nas quais são apresentadas apenas as informações dos itens avaliados.

### 2.2.1 Procedimentos e Regulamentos

A obtenção de uma etiqueta de eficiência não é definitiva e pode ser continuamente melhorada com inovações tecnológicas ao longo dos anos, criando o hábito do aprimoramento constante em eficiência energética, da concepção ao uso da edificação (PAULSE, 2016).

De acordo com (BRASIL, 2001a), para iniciar o processo de etiquetagem, o solicitante deve encaminhar ao OIA os seguintes documentos:

- a) formulário de Solicitação de Etiquetagem (INMETRO; PROCEL; ELETROBRAS, 2013), assinado pelo solicitante, conforme Anexo A;
- b) termo de Compromisso, assinado pelo solicitante e com firma reconhecida, conforme Anexo B,
- c) termo de Ciência sobre o Entorno, assinado pelo solicitante, conforme Anexo C, quando aplicável;
- d) quadro resumo relacionando todos os documentos enviados ao OIA, conforme exemplo do Anexo D;
- e) cópia do Contrato ou Estatuto Social da Empresa, caso o solicitante seja pessoa jurídica;
- f) declaração, Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), pelos responsáveis técnicos de cada projeto, do atendimento às respectivas normas técnicas brasileiras vigentes e aplicáveis para os projetos apresentados. Para as edificações existentes, quando não for possível atender a este requisito, o mesmo poderá ser desconsiderado, cabendo ao solicitante justificar o motivo da inviabilidade.

O OIA pode solicitar outros documentos além dos supracitados, caso julgue necessário. A Tabela 1 apresenta de acordo com a categoria do edifício, RTQ que subsidia o processo de etiquetagem através do PBE Edifica.

Tabela 1: Categorias e Regulamentos.

CATEGORIAS	REGULAMENTOS
EDIFÍCIOS COMERCIAIS EDIFÍCIOS PÚBLICOS	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética para edifícios comerciais, de serviços e públicos RTQ-C
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética para edifícios residenciais RTQ-R

O Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), tem por objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos com área útil superior a 500m<sup>2</sup> e ou atendido em alta tensão. Para isso, o RTQ-C especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação dos edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética através dos seguintes sistemas (INMETRO, 2013):

- a) envoltória: avaliação do sistema construtivo externo à edificação, acima do nível do solo, como paredes e coberturas, são avaliadas características dos materiais utilizados;
- b) sistema de iluminação: avalia a densidade de potência instalada de iluminação. Depende de fatores como a divisão dos circuitos, consideração da iluminação natural e desligamento automático para o sistema de iluminação;
- c) sistema de condicionamento de ar: avalia a capacidade dos equipamentos e depende de fatores como isolamento dos dutos e eficiência dos equipamentos;
- d) bonificações: são iniciativas que comprovadamente aumentam a eficiência energética da edificação. Por exemplo: elevadores eficientes, sistemas de uso racional de água, fontes de energia renovável, sistema de cogeração de energia.

Os edifícios submetidos ao RTQ-C devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), inclusive utilizando das informações da norma NBR 15220 (ABNT, 2003), para balizar os valores máximos e mínimos dos pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância, bem como para restringir as expressões da envoltória para cada zona bioclimática.

O Regulamento de Avaliação de Conformidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) tem o objetivo de estabelecer os critérios para o programa de avaliação da conformidade de eficiência energética de edificações. O RAC-C se aplica a edificações novas ou existentes e trata do processo de inspeção, sendo que as tratativas comerciais são definidas por cada OIA. Nele consta os documentos necessários a ser entregues, prazos e ações de cada agente, através de dois mecanismos de avaliação de conformidade:

- a) avaliação da conformidade do projeto da edificação (Inspeção de Projeto), realizada a partir da análise documental, conforme RTQ específico para a respectiva tipologia de edificação;

- b) avaliação da conformidade da edificação construída (Inspeção de Edificação Construída), a partir da análise documental e levantamento de dados *in loco*, de acordo com o RTQ específico para a respectiva tipologia de edificação.

Para edificação nova é realizada a Inspeção de projeto antes ou durante a obra. A vantagem deste processo é a possibilidade de realização de adequações no decorrer da construção, podendo-se alcançar um melhor nível de eficiência na inspeção da edificação construída (INMETRO; PROCEL; ELETROBRAS, 2013).

A etapa, que resulta na ENCE de Projeto, é facultativa para edificações já existentes. Caso o solicitante faça a opção de realizar a Inspeção em etapa única, a inspeção de projeto e a inspeção da edificação construída são realizadas em uma única etapa pelo OIA, e o solicitante obtém apenas a ENCE de edificação construída, esta opção mostra-se mais adequada aos casos de *retrofit*, em que a edificação já está consolidada.

O processo de avaliação para determinar o nível de eficiência energética de um edifício, contempla dois métodos avaliativos: i) Prescritivo – método simplificado que utiliza equações para classificação da eficiência energética da edificação; ii) Simulação – método que utiliza modelagem computacional para classificação.

### 2.2.2 Método Prescritivo

O método prescritivo avalia os sistemas através de parâmetros pré-definidos ou que necessitam de cálculo para uma avaliação final da eficiência energética da edificação. Esta metodologia é estabelecida a partir de um conjunto de regras gerais que enquadram as tipologias mais usuais construídas no país.

O cálculo é feito através de expressões e tabelas que limitam parâmetros da edificação de acordo com a classe de eficiência energética. Como segue uma tipologia padrão, este método é mais generalista, e acaba tendo algumas limitações, principalmente referentes à volumetria (CB3E et al., 2014).

Para a avaliação de projeto, através do método prescritivo, são requisitados: plantas arquitetônicas, cortes, fachadas, localização e cobertura, memorial descritivo, especificações acerca dos materiais utilizados, cores e informações relativas à absorvância e transmitância térmica, que possibilitarão a avaliação do sistema de envoltória. Para o levantamento dos demais sistemas, iluminação, condicionamento de ar e bonificação, são exigidas plantas e memoriais com informações relativas às especificações dos equipamentos, laudos técnicos e dados para a realização do mapeamento dos sistemas.



A inspeção do edifício já construído, além da documentação exigida na avaliação do projeto, requer o alvará de conclusão ou ligação definitiva com a concessionária de energia, as notas fiscais que comprovem compra e implementação dos sistemas e equipamentos constantes nos projetos e memoriais, catálogos dos fabricantes, fotografias comprovando a instalação, amostra de materiais de revestimento da envoltória e etiquetas dos equipamentos utilizados (OVÍDIO et al., 2012).

A classificação é obtida a partir da avaliação do nível de eficiência energética e do atendimento aos pré-requisitos gerais e específicos de cada um dos sistemas avaliados. Ao final é possível a obtenção de pontuação extra através de bonificações em sistemas e equipamentos que contribuem com a redução do consumo energético geral

### **2.2.2.1 Pré - Requisitos Gerais**

Para atendimento aos pré-requisitos gerais uma primeira exigência consiste na edificação possuir circuitos elétricos separados por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final.

Outra exigência é possuir sistema eficiente de aquecimento de água conforme (INMETRO, 2013) para as edificações com elevada demanda de água quente como academias, clubes, hospitais, restaurantes, edifícios destinados à hospedagem ou edifícios em que a parcela de água quente representa um percentual igual ou maior a 10% do consumo de energia, devem apresentar uma estimativa da demanda de água quente.

Dependendo do tipo de avaliação pretendido para o edifício, também são exigidos pré-requisitos específicos da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. Por fim, bonificações são concedidas a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, podendo acrescer até um ponto na classificação geral do edifício. Para tanto, essas iniciativas deverão ser justificadas, e a economia gerada deve ser comprovada.

### **2.2.2.2 Envoltória**

A envoltória é um item de avaliação obrigatório no PBE Edifica caracterizada pelo conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio exterior, ou seja, que compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo. Para a definição da envoltória, o meio externo exclui a parcela construída no subsolo da edificação, referindo-se exclusivamente as partes construídas acima do solo. Independente do material ou função de uma edificação, todos os elementos que estão acima do nível do solo e com contato com o exterior ou com outro edifício pertencem a envoltória (PROCEL et al., 2017).

A envoltória é composta de elementos opacos, transparentes e translúcidos, os quais se comportam de maneira distinta frente à radiação solar. Os materiais transparentes e/ou translúcidos são aqueles que permitem a transmissão direta (ou difusa) de parte da radiação solar, enquanto os materiais opacos apenas absorvem ou refletem essa radiação. Parte da energia absorvida é reirradiada para o ambiente externo, e o restante deste calor é conduzido para o interior do edifício.

De acordo com (CEPEL, 2014) os elementos que compõem a envoltória delimitam espaços e fronteiras através dos quais a energia térmica pode ser transferida. Há economia de energia quando a troca de calor entre a edificação e ambiente exterior é reduzida e os ganhos de calor solar e de fontes internas são controlados.

De acordo com a primeira lei da termodinâmica a energia radiante que atinge uma envoltória pode ser refletida, absorvida ou transmitida conforme expressão (2.1),

$$U + \alpha + \rho = 1 \quad (2.1)$$

em que:

- $U$  - fração transmitida da radiação incidente, ou transmitância térmica;
- $\alpha$  - fração absorvida da radiação incidente, ou absorptância;
- $\rho$  - fração refletida da radiação incidente, ou refletância.

#### 2.2.2.2.1 Transmitância térmica ( $U$ )

Fisicamente, a transmitância térmica é a transmissão de calor em unidade de tempo através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, dada em  $W/(m^2K)$ . De acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) a transmitância térmica de componentes ( $U$ ) é o inverso da resistência térmica, conforme a expressão (2.2),

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2.2)$$

em que:

- $R_T$  - Resistência térmica ( $m^2K$ )/ W.

Em componentes com camadas homogêneas e não homogêneas, e perpendiculares ao fluxo de calor, devem ser determinados os valores de resistência térmica de superfície, considerando a superfície em cada seção, conforme expressão (2.3), em que a seção “a” é constituída de argamassa apenas; e a seção “b” constituída de argamassa e tijolo, exemplo Figura 8.

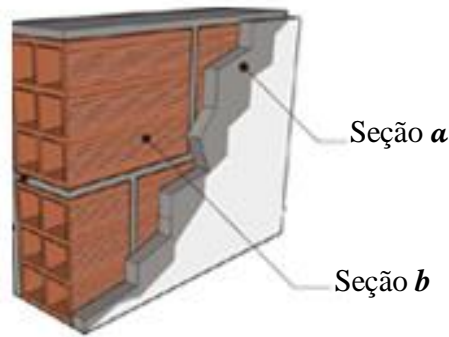


Figura 8 : Exemplo ilustrativo de composição de seção.

$$R_T = \frac{A_a + A_b}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b}} \quad (2.3)$$

em que:

- $R_a$  - Resistência térmica da superfície  $a$  em  $(m^2K)/W$ ;
- $R_b$  - Resistência térmica da superfície  $b$  em  $(m^2K)/W$ ;
- $A_a$  - Área da seção  $a$  em  $(m^2)$ ;
- $A_b$  - Área da seção  $b$  em  $(m^2)$ .

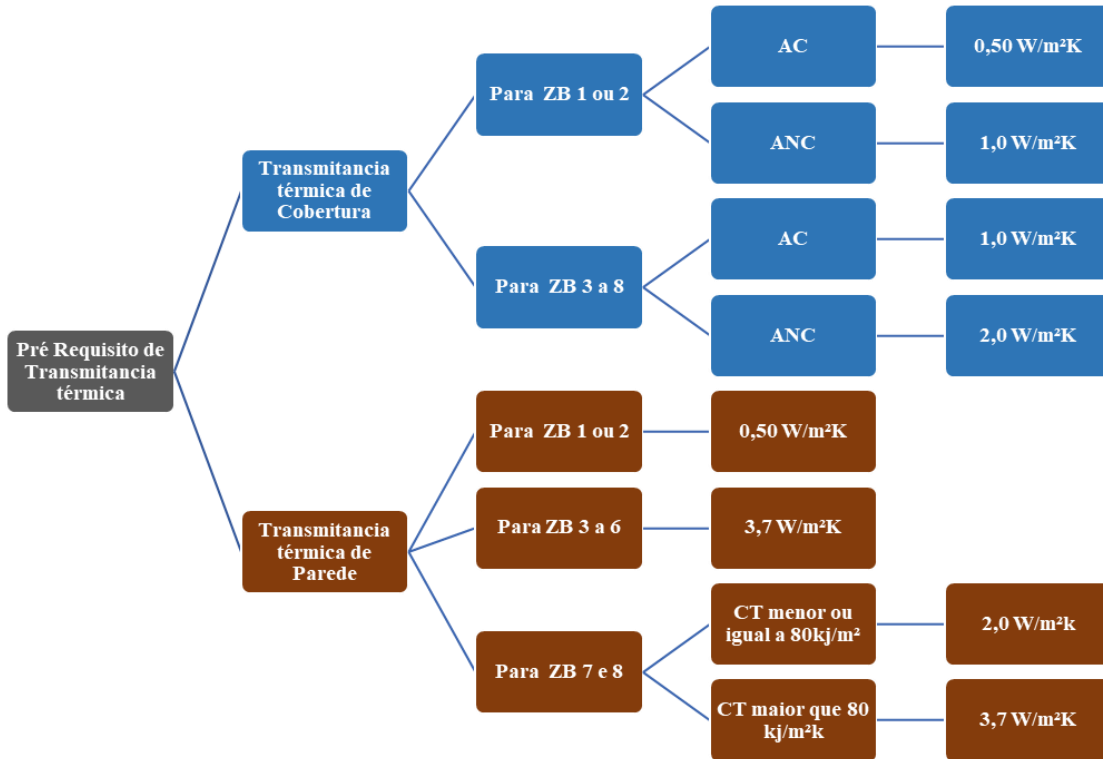
A resistências térmicas ( $R_a$  e  $R_b$ ) são obtidas conforme expressão (2.4),

$$R = \frac{e}{CT} \quad (2.4)$$

em que:

- $e$  - Espessura do componente (m);
- $CT$  - Condutividade térmica do componente  $kj/(m^2K)$ .

Além de ser utilizada na definição do nível de eficiência energética da envoltória através do Fator Solar, item (2.2.2.2.3), a transmitância térmica configura um pré-requisito específico com limites máximos aceitáveis. A Figura 9 apresenta os limites máximos, em cobertura e paredes, de acordo com as respectivas Zonas Bioclimáticas.



em que:

- AC- Ambiente Condicionado;
- ANC- Ambiente Não Condicionado;
- ZB- Zona Bioclimática;
- CT-Conduktividade Térmica.

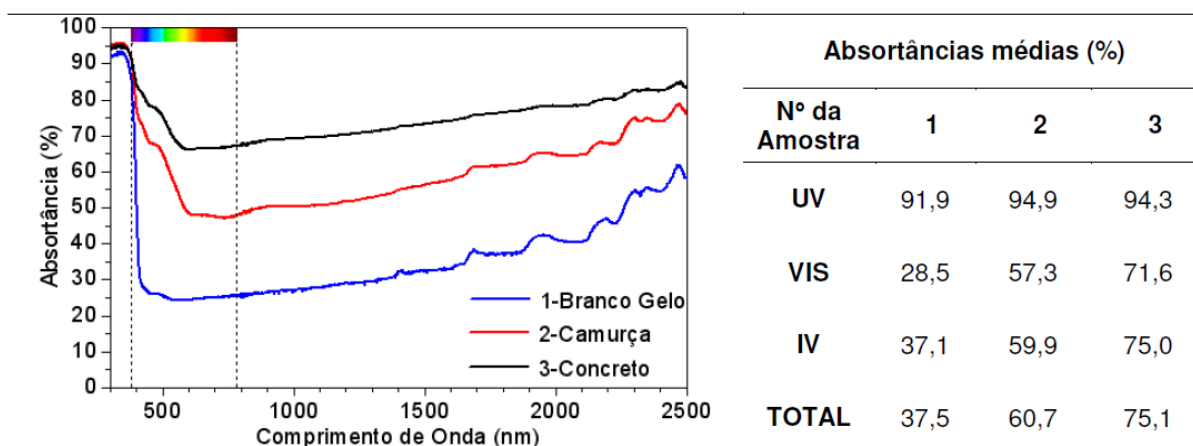
Figura 9: Pré-requisitos transmitância térmica e capacidade térmica.

#### 2.2.2.2.2 Absortância ( $\alpha$ )

Absortância é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície, é uma propriedade do material referente a parcela da radiação absorvida geralmente relacionada a cor. Quanto maior a absortância, maior a parcela da energia incidente que se transforma em calor (radiação de ondas longas) após incidir sobre um material opaco (PROCEL et al., 2017).

Na Tabela 2 são apresentados 3 (três) exemplos de curvas de absortância espectral da luz nas frequências Ultra-Violeta (UV), Visível (VIS) e Infra-Vermelho (IV) em amostras pintadas com tintas do tipo acrílica fosca produzidas pela *Sherwin Williams*. Os testes evidenciaram um índice de absortância de 75% para a cor concreto, de 60,7% para a cor camurça e de 37,5% para a cor branco gelo (DORNELLES, 2008).

Tabela 2: Curvas espectrais de absorptância (amostras n° 1, 2 e 3: acrílica fosca Suvinil).



Com este trabalho (DORNELLES, 2008) comprova que o índice de absorptância para as cores mais escuras são consideravelmente superiores aos índices de absorptância nas cores mais claras. No Anexo E estão compilados os resultados dos estudos dos índices de absorptâncias realizados de 78 amostras com diferentes cores.

As consequências na temperatura provenientes do índice de absorptâncias em função das cores dos corpos ficam demonstradas no gráfico da Figura 10.

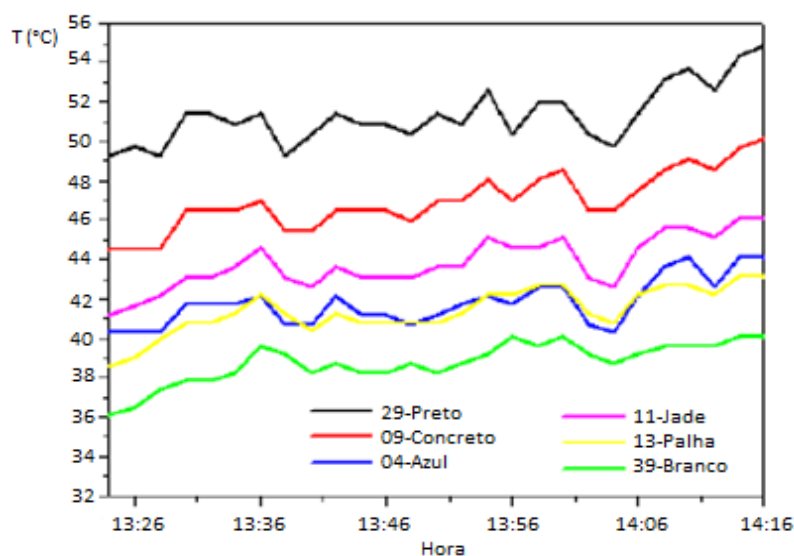


Figura 10: Temperaturas superficiais medidas para as amostras.

O gráfico da Figura 10 mostra a variação da temperatura de 6 placas de alumínio pintadas com diferentes cores e submetidas as mesmas incidências luminosas no mesmo intervalo de tempo. É possível observar que a temperatura máxima alcançada para a amostra na cor branca (número 39) não supera os 39°C, enquanto a amostra na cor preta (número 29) alcança os 55°C.

Desta forma, para o processo de avaliação do nível de eficiência energética de edifício através do PBE Edifica a absorptância térmica além de compor o Fator Solar, item 2.2.2.2.3, é um pré-requisito específico da envoltória.

Para avaliação deste pré-requisito é definido um índice máximo de absorptância admitido (Figura 11), este valor é obtido a partir da média das absorptâncias das paredes e cobertura que devem ser ponderados pela área que ocupam.

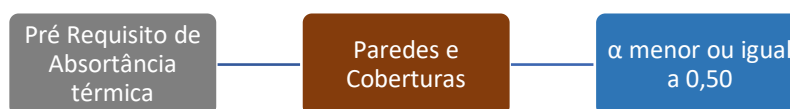


Figura 11: Pré-requisitos Absortância Térmica.

### 2.2.2.2.3 Fator Solar (*FS*)

O Fator Solar (*FS*) é o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido e a radiação solar absorvida, que é reirradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente (INMETRO, 2013).

Como *FS* representa o quanto de calor um ambiente ganha através de uma abertura com a radiação solar incidente nesta mesma abertura, esse fator depende das transmitâncias do material, da absorptância e da resistência superficial externa (ABNT, 2008a).

$$FS = U \cdot \alpha \cdot R_{se} + t \quad (2.5)$$

em que:

- $U$  – transmitância térmica  $W/(m^2K)$ ;
- $\alpha$  – absorptância do componente;
- $R_{se}$  – resistência superficial externa  $(m^2K)/W$ ;
- $t$  – transmitância à radiação solar<sup>4</sup>.

### 2.2.2.2.4 Iluminação Zenital

O Percentual Abertura Zenital (*PAZ*) na cobertura refere exclusivamente a abertura em superfícies com inclinação inferior a  $60^\circ$  em relação ao plano horizontal. Onde há existência de

---

<sup>4</sup> transmitância à radiação solar é o quociente da taxa de radiação solar que atravessa um elemento pela taxa de radiação solar incidente sobre este mesmo elemento (ELETROBRAS, [s.d.]

aberturas zenitais, a edificação deve atender ao pré-requisito específico do FS máximo para o respectivo PAZ. A Tabela 3 lista os limites máximos admissíveis para classificação nível “A”, de FS em relação ao PAZ em coberturas (PROCEL et al., 2014).

Tabela 3: Limites de fator solar e de PAZ para coberturas

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

#### 2.2.2.2.5 Fator Altura (*FA*)

O Fator Altura é a Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída, com exceção dos subsolos, segundo o RTQ-C, o *FA* é dado conforme expressão (2.6),

$$FA = \frac{A_{Pcob}}{A_{tot}} \quad (2.6)$$

em que:

- $A_{Pcob}$  – Área de projeção da cobertura ( $m^2$ );
- $A_{tot}$  – Área total construída ( $m^2$ ).

#### 2.2.2.2.6 Fator Forma (*FF*)

Fator Forma é a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação, segundo o RTQ-C, o *FF* é dado conforme expressão (2.7),

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad (2.7)$$

em que:

- $A_{env}$  – Área da envoltória ( $m^2$ );
- $V_{tot}$  – Volume total da edificação ( $m^3$ ).

#### 2.2.2.2.7 Percentual de abertura de fachada (*PAF*)

O Percentual de Área de Abertura de Fachada total ( $PAF_T$ ), corresponde a um valor médio representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas. Para sua aplicação, primeiramente se realiza o cálculo do *PAF* para a fachada Oeste ( $PAF_O$ ) e em seguida o  $PAF_T$ . Se o  $PAF_O$  for pelo menos 20% maior que o  $PAF_T$  é adotado o  $PAF_O$  na expressão.

As aberturas voltadas para a área externa através de varandas internas á projeção do edifício devem ser contabilizadas para o cálculo do *PAF*, desde que a profundidade desta varanda não ultrapasse duas vezes a altura do pé direito. Entretanto, somente a parte vista ortogonalmente em fachada deve ser considerada para o *PAF*, descontando o caixilho.

Aberturas com sistemas de proteção solar paralelas a fachada e com sua parte superior fechada pode ter consideradas, Área da Superfície envidraçada ( $AF_T$ ), a partir apenas das áreas de aberturas vistas ortogonalmente através da proteção solar ou através da contabilização do Ângulo de Sombreamento Vertical (*AVS*) (RUPP; FONSECA; GARCIA, 2016).

Para cálculo do  $PAF_T$  com apenas as áreas de aberturas vistas ortogonalmente o sistema de proteção deve ser parte integrante do projeto do edifício e estar a uma distância do plano envidraçado inferior a uma vez a altura do maior vão de proteção, neste caso, o ângulo de sombreamento não é considerado para o cálculo do *AVS* e do Ângulo de Sombreamento Horizontal (*AHS*), aplicando-se zero na ponderação do ângulo de sombreamento, tomando a Área da Superfície envidraçada ( $AF_T$ ) conforme expressão (2.8),

$$AF_T = \sum Ab \quad (2.8)$$

em que:

- $A_b$  – Área de abertura vista ortogonalmente através das proteções solares ( $m^2$ ).

A Figura 12 exemplifica uma vista em perspectiva e a Figura 13 uma vista em corte de aberturas, nestes exemplos sendo janelas, com sistema de proteções solares paralelas à fachada (RUPP; FONSECA; GARCIA, 2016).

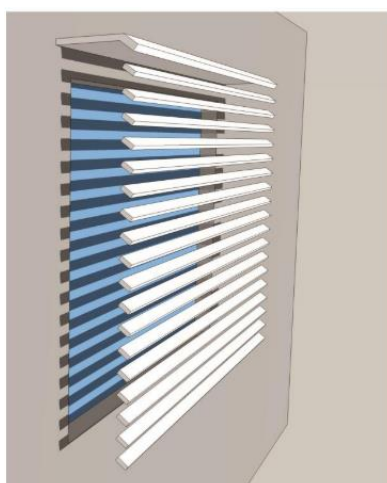


Figura 12: Vista em perspectiva.



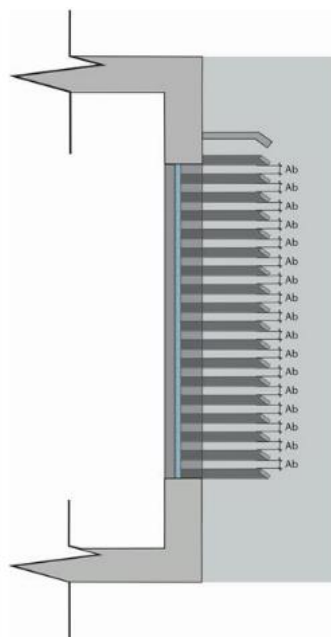


Figura 13: Vista em corte.

Para a contabilização *AVS* por meio do ângulo médio entre as várias proteções solares, conforme Figura 14, as áreas das proteções solares não devem ser descontadas da área envidraçada no cálculo do  $PAF_T$ , expressão (2.9). É necessário considerar os ângulos de sombreamento a serem inseridos na expressão (2.14), para Zona Bioclimática 6 pela localização das edificações do objeto deste estudo, o *AVS* máximo é de  $25^\circ$ . Entretanto, esta exigência não determina o dimensionamento das proteções solares. Elas devem ser projetadas para evitar o sobre-aquecimento dos ambientes internos considerando as necessidades de sombreamento específicas do edifício, as condições sazonais do clima local (trajetória solar e temperaturas) e a orientação de cada fachada. A limitação do ângulo de sombreamento é um fator de segurança para o uso das expressões do RTQ-C e não implica em uma limitação de projeto,

$$AVS = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} \quad (2.9)$$

em que:

- $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$  - *AVS* entre os diferentes elementos de proteção solar e a base da folha de vidro ou outro material translúcido;
- $n$  - Número de elementos de proteção solar.

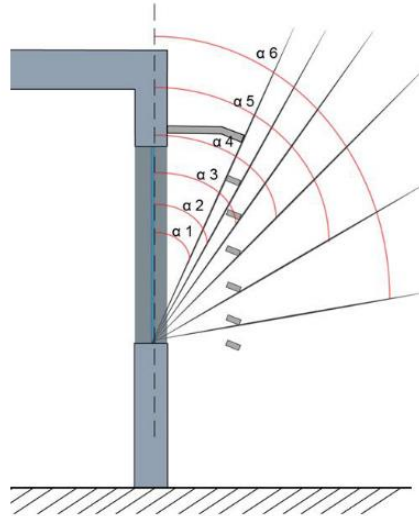


Figura 14: Ângulo de sombreamento em abertura com sistema de proteções solares paralelas à fachada.

#### 2.2.2.2.8 Zona Bioclimática

A Zona Bioclimática (ZB) é a região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. A envoltória é avaliada de acordo com a zona bioclimática em que a edificação se localiza. No Brasil existem oito zonas bioclimáticas com características bastante distintas conforme Figura 15 (PROCEL et al., 2014).

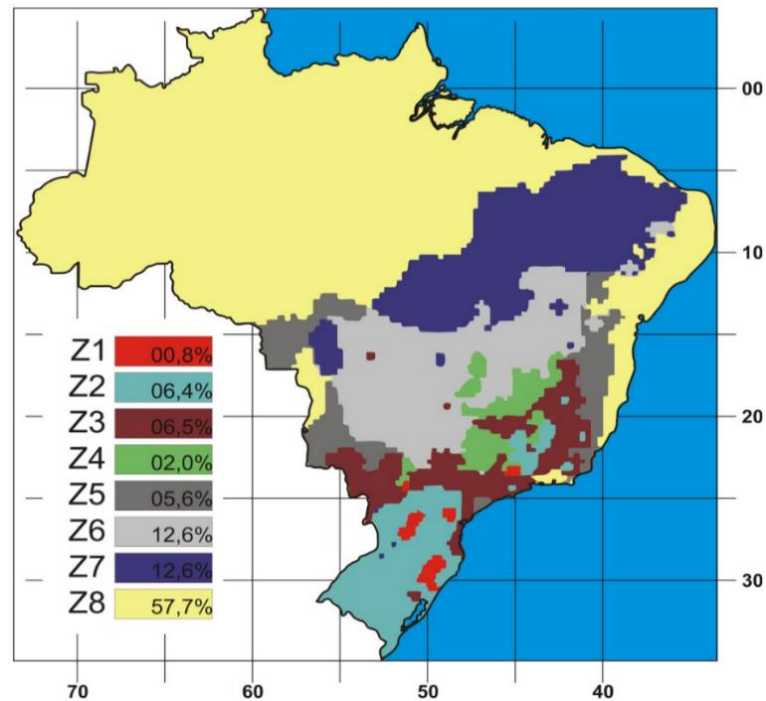


Figura 15: Percentual de área por ZB no Brasil.

Conforme demonstrado, a Zona Bioclimática 8 é localizada predominantemente na região Norte e no litoral nordestino, ocupa a maior extensão territorial do englobando uma área de 57,7% do território nacional brasileiro. As Zonas Bioclimáticas 6 e 7 ocupam respectivamente cada uma 12,6% do território nacional. As demais Zonas Bioclimáticas ocupam juntas 17,1% do território brasileiro (ABNT, 2008a).

#### 2.2.2.2.9 Indicador de Consumo da Envoltória

Para se determinar o nível de eficiência da envoltória, existem duas expressões por Zona Bioclimática: uma para edifícios com área de projeção ( $A_{pe}$ ) menor que 500 m<sup>2</sup> e outra para edifícios com área de projeção maior que 500 m<sup>2</sup>. A  $A_{pe}$  é obtida através da média da área de projeção dos pavimentos.

Desta forma, o Indicador de Consumo da envoltória ( $IC_{env}$ ) é calculado utilizando-se os dados obtidos através da análise volumétrica dos projetos arquitetônicos da edificação, e da expressão específica referente a zona bioclimática da região. Seguem nas expressões (2.10), (2.11), (2.12), (2.13) e (2.14) as expressões do  $IC_{env}$  conforme Zona Bioclimática para edifícios com  $A_{pe}$  maior que 500 m<sup>2</sup>, as equações são válidas para um  $FF$  mínimo permitido, abaixo destes valores, deve-se utilizar os valores limites (INMETRO, 2013).

Zona Bioclimática 1:

( $FF$  máximo de 0,7)

$$IC_{env} = -10,47 \cdot FA + 298,74 \cdot FF + 38,41 \cdot PAF_T - 1,11 \cdot FS - 0,11 \cdot AVS + 0,24 \cdot AHS - 0,54 \cdot PAF_T \cdot AHS + 47,53 \quad (2.10)$$

Zona Bioclimática 2 e 3:

( $FF$  máximo de 1,5)

$$IC_{env} = -14,14 \cdot FA - 113,94 \cdot FF + 50,82 \cdot PAF_T + 4,86 \cdot FS - 0,32 \cdot AVS + 0,26 \cdot AHS + \frac{33,75}{FF} - 0,54 \cdot PAF_T \cdot AHS + 277,98 \quad (2.11)$$

Zona Bioclimática 4 e 5:

( $FF$  máximo livre)

$$IC_{env} = -14,14 \cdot FA - 113,94 \cdot FF + 50,82 \cdot PAF_T + 4,86 \cdot FS - 0,32 \cdot AVS + 0,26 \cdot AHS + \frac{33,75}{FF} - 0,54 \cdot PAF_T \cdot AHS + 277,98 \quad (2.12)$$

Zona Bioclimática 7:

(*FF* máximo de 0,17)

$$IC_{env} = -69,48 \cdot FA + 1347,78 \cdot FF + 37,74 \cdot PAF_T + 3,03 \cdot FS - 0,13 \cdot AVS - 0,19 \cdot AHS + \frac{19,25}{FF} + 0,04 \cdot \frac{AHS}{PAF_T \times FS} - 306,35 \quad (2.13)$$

Zona Bioclimática 6 ou 8:

$$IC_{env} = -160,36 \cdot FA + 1277,29 \cdot FF - 19,21 \cdot PAF_T + 2,95 \cdot FS - 0,36 \cdot AVS - 0,16 \cdot AHS + 290,25 \cdot FF \cdot PAF_T \cdot AVS \cdot AHS - 120,58 \quad (2.14)$$

em que:

- *AVS*- Ângulo Vertical de Sombreamento;
- *AHS*- Ângulo Horizontal de Sombreamento;
- *FF*- Fator de Forma, (*Aenv* / *Vtot*);
- *FA*- Fator Altura, (*Apcob* / *Atot*);
- *FS*- Fator Solar;
- *PAFT*- Percentual de Abertura na fachada total;
- *Vtot*- Volume total da edificação.

O indicador de consumo da envoltória obtido é comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. A escala numérica da classificação de eficiência é variável e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros *FA* e *FF*. Desta forma, sequência de procedimentos deve ser realizada da seguinte forma:

O primeiro passo é calcular o indicador de consumo da Envoltória (*IC<sub>env</sub>*) por meio de uma das expressões (2.10) a (2.14) definida conforme a ZB em que a edificação está construída. Em seguida, calcula-se o limite máximo do indicador de consumo (*IC<sub>máxD</sub>*) para a volumetria, por meio da mesma expressão, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 4, o *IC<sub>máxD</sub>* representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível “E”.

Tabela 4: Parâmetros do *IC<sub>máxD</sub>*.

PAF <sub>T</sub>	FS	AVS	AHS
0,6	0,61	0	0

Na sequência é calculado o limite mínimo do indicador de consumo  $IC_{min}$ , por meio da expressão, com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 5, o  $IC_{min}$  representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria.

Tabela 5: Parâmetros do  $IC_{min}$ .

PAF <sub>T</sub>	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Os limites  $IC_{máxD}$  e  $IC_{min}$  representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir, o intervalo é dividido em 4 partes (i), cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A até E. A subdivisão i do intervalo é calculada com a expressão (2.15),

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{min})}{4} \quad (2.15)$$

com o valor de i calculado, preenche-se a Tabela 6.

Tabela 6: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.

EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Limite Máximo	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - 1$	$IC_{máxD}$	0

A partir da definição dos limites é comparado o  $IC_{env}$ , obtido com os limites da Tabela 6, e identifica-se o nível de eficiência do projeto em questão. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente é a envoltória da edificação.

### 2.2.2.3 Iluminação – PBE Edifica

A eficiência da iluminação é determinada a partir da razão entre a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente. Quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação (PROCEL et al., 2017).

Na determinação da eficiência podem ser utilizados o método das áreas ou o método das atividades em que ambos utilizam da razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores pela área do ambiente avaliado ( $DPI - W/m^2$ ).

O método das áreas avalia de forma conjunta todos os ambientes da edificação. Este método deve ser utilizado para edificações com até três atividades principais ou atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício (modelo adotado nesta proposta de estudo).

O método da área do edifício determina limites de Densidade de Potência em Iluminação para Edificações ( $DPI_L - W/m^2$ ) conforme Anexo F. Na existência de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos; utiliza-se apenas os valores das atividades principais da edificação. Edifícios que possuem mais de três atividades principais devem ser avaliados pelo método das atividades, pois já descaracterizam a proporção entre atividades principais e secundárias embutidas nos limites. A avaliação segue as seguintes etapas:

- a) identificação da atividade principal do edifício, de acordo com o Anexo E, e a densidade de potência de iluminação limite ( $DPIL - W/m^2$ ) para cada nível de eficiência; Obs.: Para edifícios com atividades não listadas deve-se escolher uma atividade equivalente.
- b) determinação da área iluminada do edifício;
- c) É multiplicada a área iluminada pela  $DPIL$ , para encontrar a potência limite do edifício;
- d) quando o edifício é caracterizado por até três atividades principais determina-se a  $DPIL$  para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;
- e) comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação.

Outra opção de avaliação é através do método das atividades que avalia separadamente os ambientes do edifício através dos limites de Densidade de Potência em Iluminação ( $DPI_L - W/m^2$ ) por atividades.

Após determinar o nível de eficiência alcançado deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos específicos em todos os ambientes. Para iluminação são 3 (três) pré-requisitos passíveis de avaliação:

- a) divisão de circuitos - cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente;

- b) contribuição da luz natural - ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível;
- c) desligamento automático do sistema de iluminação - Para ambientes com mais de 250m<sup>2</sup>.

#### 2.2.2.4 Condicionamento de Ar – PBE Edifica

A classificação da eficiência do sistema de condicionamento de ar pode ser dividida em duas classes diferentes. Uma classe está relacionada aos sistemas individuais e *split*, já classificados pelo INMETRO. Para esta classe, deve-se apenas consultar os níveis de eficiência fornecidos nas etiquetas do INMETRO para cada um dos aparelhos instalados na edificação para posteriormente aplicar o resultado na expressão geral da edificação. E a outra classe que trata a eficiência de sistemas de condicionamento de ar como os centrais, que não são classificados pelo INMETRO.

Para que um sistema de ar condicionado do tipo *Variable Refrigerant Flow* (VRF), alcance um patamar de nível de eficiência “A” ele deve atender os valores mínimos de Coeficiente de Performance (COP), obtido através da expressão (2.16) e do Coeficiente Integrado de Performance<sup>5</sup> (ICOP) (MOREIRA et al., 2017),

$$COP = \frac{PT_{ret}}{PE_{cons}} \quad (2.16)$$

em que:

- $PT_{ret}$  – Potência térmica retirada do ambiente climatizado (kW);
- $PE_{cons}$  – Potência elétrica consumida pelo sistema de climatização (kW).

A Tabela 7 especifica a eficiência mínima, para classificação no nível “A”, de condicionadores de ar do tipo VRF que operam somente em refrigeração (sem ciclo reverso) e a Tabela 8 especifica a eficiência mínima, para classificação no nível “A”, de condicionadores de ar do

---

<sup>5</sup> ICOP é uma grandeza que expressa o COP de refrigeração em carga parcial para unidades de condicionamento de ar unitárias.

tipo VRF que operam em refrigeração e aquecimento (ciclo reverso) conforme Manual para Aplicação do RTQ-C (PROCEL et al., 2017).

Tabela 7: Eficiência mínima somente com resfriamento conforme RTQ-C.

TIPO DE EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	TIPO DE AQUECIMENTO	SUBCATEGORIA DE CLASSIFICAÇÃO	EFICIÊNCIA MÍNIMA	PROCEDIMENTO TESTE
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar	<19 kW	Todos	Multi-split VRF	3,81 COP	AHRI 1230
	≥19 kW e <40 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	3,28 COP 3,84 ICOP	
	≥40kW e <70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	3,22 COP 3,78 ICOP	
	≥70 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	2,93 COP 3,40 ICOP	

Tabela 8: Eficiência mínima com ciclo reverso conforme RTQ-C.

TIPO DE EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	TIPO DE AQUECIMENTO	SUBCATEGORIA DE CLASSIFICAÇÃO	EFICIÊNCIA MÍNIMA	PROCEDIMENTO TESTE
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar	<19 kW	Todos	Multi-split VRF	3,81 COP	AHRI 1230
	≥19 kW e <40 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	3,22 COP 3,78 ICOP	
	≥19 kW e <40 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	3,16 COP 3,72 ICOP	
	≥40kW e <70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	3,11 COP 3,60 ICOP	
	≥40kW e <70kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	3,05 COP 3,55 ICOP	
	≥70 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	2,78 COP 3,22 ICOP	
	≥70 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	2,73 COP 3,16 ICOP	

Como pré-requisito específico, Tabela 9 apresenta as espessuras mínimas para isolamento de tubulações em sistemas de refrigeração. A espessura mínima de isolamento das tubulações é definida pela relação entre a faixa de temperatura do fluido (C°) e a Condutividade Térmica em watt por metro kelvin W/mK.



Tabela 9: Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações conforme RTQ-C.

FAIXA DE TEMPERATURA DO FLUIDO (C°)	CONDUTIVIDADE DO ISOLAMENTO		DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO (MM)				
	CONDUTIVIDADE TÉRMICA <sup>6</sup> (W/mK)	TEMPERATURA DE ENSAIO (C°)	< 25	25 a < 40	40 a < 100	100 a < 200	≥200
4 < T < 16	0,032 a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

É importante ressaltar que para fins de etiquetagem através do PBE Edifica, além do atendimento às exigências constantes no RTQ-C, o projeto do sistema de condicionamento de ar deve necessariamente ter sido executado de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis, com destaque ao atendimento às normas, ABNT NBR 16401-1(ABNT, 2008b), ABNT NBR 16401-2(ABNT, 2008c), ABNT NBR 16401-3 (ABNT, 2008d) e ABNT NBR 7256:2005 e com padrão americano ASHRAE 90.1(KNIJNIK, 2011)(FERGUSON, 2013) .

#### 2.2.2.5 Bonificações

De acordo com (PROCEL, 2013), as bonificações são pontos extras por iniciativas que aumentem a eficiência da edificação (**recebem até um ponto extra na classificação geral no processo de etiquetagem da edificação**). Para que o edifício seja classificado com o nível “A” não é essencialmente necessário que as bonificações sejam atendidas. Na sequência estão apresentados os itens passíveis de pontuação extra através das Bonificações.

**RACIONAMENTO DE ÁGUA:** equipamentos e sistemas que economizem no mínimo 40% do consumo anual de água do edifício (**1,0 ponto**).

**ENERGIAS RENOVÁVEIS:** sistema de aquecimento solar de água com fração solar, ou seja a taxa de performance do sistema solar igual ou superior a 70% (**1,0 ponto**).

**ENERGIA EÓLICA OU PAINÉIS FOTOVOLTAICOS** com economia mínima de 10% do consumo anual de energia elétrica (**1,0 ponto**).

**SISTEMAS DE COGERAÇÃO E INOVAÇÕES TÉCNICAS OU DE SISTEMAS:** (ex: luz natural) que proporcionem economia mínima de 30% do consumo anual de energia elétrica (**1,0 ponto**).

---

<sup>6</sup> Condutividade térmica equivale a quantidade de calor transmitida através de uma espessura, dada em Watt por metro Kelvin

ELEVADORES: que possuam classificação A segundo a norma VDI4707<sup>7</sup> (0,50 ponto).

### 2.2.2.6 Determinação do Nível de Eficiência

A avaliação de cada sistema individual utiliza equivalentes numéricos, um número de pontos correspondente a determinada eficiência, atribuídos de acordo com o nível de eficiência de cada sistema avaliado.

Tabela 10: Equivalente numérico para cada nível de eficiência (*EqNum*).

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

A partir de equivalentes numéricos (número representativo da eficiência ou do desempenho do sistema) de cada item de avaliação é possível chegar na Pontuação Total (*PT*) do edifício, conforme expressão (2.17), que resultam na classificação final,

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left( EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} EqNumV \right) \right\} + 0,30 \cdot (EqNumDPI) + 0,40 \cdot \left\{ \left( EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1 \quad (2.17)$$

em que:

- *EqNumEnv* – equivalente numérico da envoltória;
- *EqNumDPI* – equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI de Densidade de Potência de Iluminação;
- *EqNumCA* – equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- *EqNumNumV* – equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
- *AC* – área útil dos ambientes condicionados;
- *AU* – Área útil;
- *APT* – área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

<sup>7</sup> A norma alemã VDI4707 define regras para a certificação individual de eficiência energética em elevadores (semelha ao nosso PBE).

- *ANC* – área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;
- *b* – pontuação obtida pelas bonificações, que varia de 0 (zero) a 1 (um).

Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos, distribuídos da seguinte forma: Envoltória com 30%, Sistema de Iluminação com 30%, Sistema de Condicionamento de Ar com 40%. Na Tabela 11 estão apresentados os intervalos de *PT* para os respectivos níveis de eficiência de classificação final.

Tabela 11: Classificação Geral.

<i>PT</i>	CLASSIFICAÇÃO
$\geq 4,5$ a 6	A
$\geq 3,5$ a $< 4,5$	B
$\geq 2,5$ a $< 3,5$	C
$\geq 1,5$ a $< 2,5$	D
$< 1,5$	E

### 2.2.3 Método de Simulação

De acordo com (LETIANE; GRACE; CRISTIANA, 2018) o método de simulação é uma comparação do desempenho energético final do edifício real com referências classificatórias. Para isso, é necessário realizar a simulação de eficiência energética dos modelos A, B, C e D, como especificado no RTQ-C e comparar esses resultados com o resultado do edifício real.

As simulações devem ser feitas através de *softwares* especializados como *Energy Plus*, *DesignBuilder*, *Esp-r*, entre outros *softwares* de simulação termo-energética que possuam, no mínimo, as seguintes características:

- a) ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios;
- b) ser validado pela norma *ASHRAE Standard 140* (DESIGN BUILDER, 2014);
- c) modelar 8760 horas por ano;
- d) modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos e sistemas de ar condicionado, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- e) modelar efeitos de inércia térmica;
- f) permitir a modelagem de multi-zonas térmicas;
- g) ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;

- h) caso o edifício proposto utilizar sistema de condicionamento de ar, o programa deve permitir modelar todos os sistemas de condicionamento de ar conforme *ASHRAE 90.1* (FERGUSON, 2013);
- i) ter capacidade de determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar;
- j) produzir relatórios horários do uso final de energia.

Os mesmos pré-requisitos e equivalentes numéricos do método prescritivo são seguidos no método de simulação. Para o procedimento de simulação é necessário que se compare o consumo energético da proposta do projeto real, com o consumo da mesma edificação em diferentes níveis de classificação que são chamados modelos de referência, balizados pela norma NBR 15220 (ABNT, 2003).

#### 2.2.4 Possibilidades Combinatórias de Avaliação

A Tabela 12 apresenta as possibilidades de combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral envoltória (CB3E et al., 2014). Nas linhas horizontais estão exemplificadas as possibilidades possíveis de metodologias de avaliação.

Tabela 12: Combinações de métodos de avaliação.

ENVOLTÓRIA	ILUMINAÇÃO	CONDICIONAMENTO DE AR	VENTILAÇÃO NATURAL
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Simulação

No caso de edifícios que possuem áreas não condicionadas como espaços de permanência prolongada, tais como lojas, escritórios, áreas de trabalho, é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante o percentual das horas ocupadas.

Em edificações onde o Percentual de Abertura na Fachada (*PAFi*) é elevado, os vidros possuem alto desempenho e/ou os elementos de sombreamento são diferenciados por orientação, recomenda-se utilizar o método de simulação.

### **2.2.5 Emissão da certificação**

A avaliação por parte do OIA é realizada por amostragem dos ambientes e componentes, incluindo medições de dimensões e de propriedades dos materiais construtivos e conferência de aplicação de materiais e equipamentos especificados no projeto avaliado. Ao final desse processo o OIA emite a ENCE e o relatório de inspeção. Esta ENCE também é enviada ao Inmetro para seu registro em banco de dados específico.

## **2.3 PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DA ANEEL (PEE)**

Criado pela Lei nº 9.991 de 2000 o PEE tem como objetivo geral promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica (ANEEL; PROPEE, 2018).

Uma característica primordial no planejamento estratégico dos investimentos em projetos de Eficiência Energética é a vocação por projetos de natureza socioambiental. É bastante evidenciado de forma positiva o fato que o aspecto da sustentabilidade implica na visão clara da sociedade e sua integração ao meio ambiente, vinculadas aos benefícios advindos.

O processo de melhoria da eficiência energética dos sistemas elétricos dos consumidores beneficiários tem capacidade de difundir e consolidar os conceitos da eficiência energética associada a um modelo sustentável de preservação do meio ambiente. A eficiência energética atua como uma “geração virtual” de energia reduzindo a emissão de gases de efeito estufa com a redução da geração de energia de fontes convencionais.

Projetos de eficiência energética e investimentos em equipamentos mais modernos e eficientes são considerados a segunda “fonte de energia” para atender ao aumento da demanda de energia elétrica projetada para 2030 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e as ações de eficiência energética contribuem para garantir o suprimento de energia no horário de ponta do sistema, garantindo a estabilidade do fluxo energético. Aumento da Confiabilidade no Fornecimento de Energia - a eficiência energética possibilita a redução de perdas no uso final trazendo maior Estabilidade nos níveis de tensão elétrica do sistema de distribuição. Desta forma, garantindo a melhoria na qualidade do fornecimento.

Os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) constituem um guia determinativo de procedimentos dirigido às distribuidoras de energia elétrica, para elaboração e execução de projetos de Eficiência Energética regulados pela (ANEEL; PROPEE, 2018). Constituído de 10 (dez) módulos conforme fluxograma da Figura 16, que abrangem os diversos aspectos de projetos e do programa PEE, com múltiplas interligações que definem estrutura e a forma de apresentação dos projetos, os critérios de avaliação e de fiscalização e os tipos de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE, além de apresentar os procedimentos para contabilização dos custos e apropriação dos investimentos realizados.

A resolução normativa nº 830, de 23 de outubro de 2018 altera o PROPEE aprovado pela Resolução Normativa nº556, de 02 de junho de 2013 passando a vigorar e se tomando como objeto deste estudo a versão divulgada em 05 de novembro de 2018.

A seção 4.2 dos PROPEE (ANEEL, 2018b) estabelecem as diretrizes para os projetos por tipo de ação de eficiência energética envolvida: melhoria de instalação e seus usos finais (com um item específico para Baixa Renda) e gestão energética.

Melhoria de instalação, no âmbito deste PROPEE, consiste nas ações de eficiência energética realizadas em instalação de uso final da energia elétrica envolvendo a troca e/ou melhoramento do desempenho energético de equipamentos e sistemas de uso da energia.

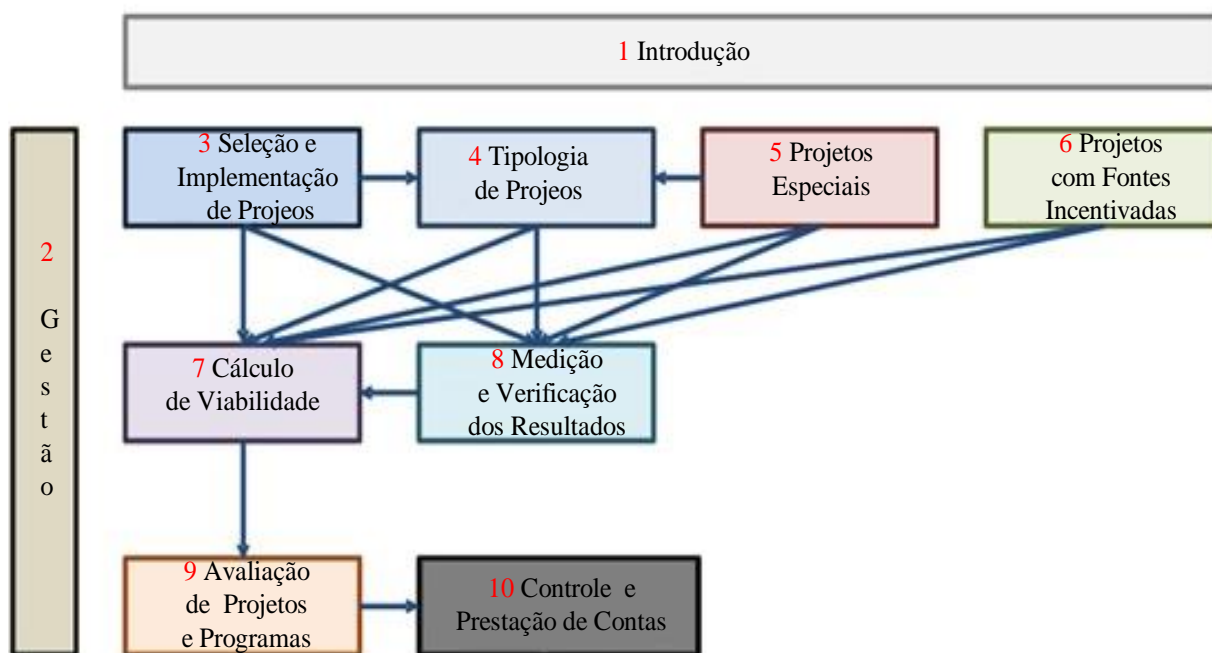


Figura 16: Módulos PROPEE.

De acordo com (ANEEL; PROPEE,2018) é obrigação das empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, doravante denominadas distribuidoras, cuja

energia vendida anualmente seja superior a 500 GWh (quinhentos gigawatts-hora), de acordo com a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, aplicar um percentual mínimo de 0,5% da receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética e de no mínimo 0,5% de sua receita operacional líquida (ROL) em Pesquisa e Desenvolvimento no setor elétrico (BRASIL, 2000).

A Lei nº 13.280 de 03/05/2016, alterou a Lei nº 9.991, de 24/07/2000, com o objetivo de disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética, distribuindo esses recursos da seguinte forma:

- a) 80% aplicados pelas próprias concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica, conforme os regulamentos estabelecidos pela Aneel; e
- b) 20% destinados a suportar o PROCEL.

Nesta configuração, a distribuição dos recursos ficou subdividida conforme apresentado na Figura 17.

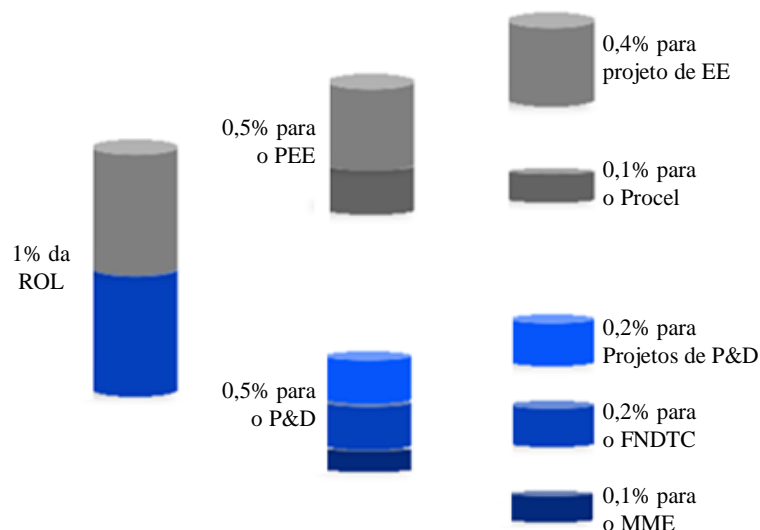


Figura 17: Percentuais obrigatórios aplicáveis.

De acordo com (ANEEL,2018), as distribuidoras devem aplicar até 80% (oitenta por cento) dos recursos em unidades consumidoras beneficiadas pela Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE), em comunidades de baixa renda e em comunidades rurais. Outra obrigação consiste em aplicar pelo menos 50% do investimento obrigatório em unidades consumidoras das duas classes de consumo com maior participação em seu mercado de energia elétrica.

O montante a ser destinado a cada uma das duas classes de consumo podem variar de zero a 100%, desde que a soma do investimento nas duas maiores classes atenda ao percentual mínimo de 50% conforme Figura 18.

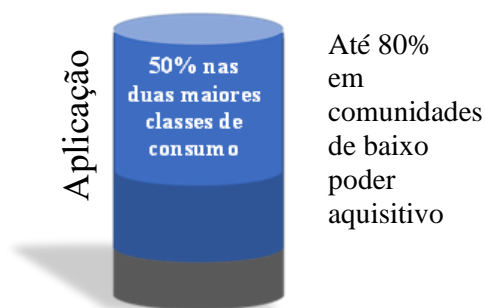


Figura 18: Percentuais de aplicabilidade.

Se uma das duas maiores classes de consumo for a residencial, para verificar a condição estabelecida no regulamento, devem ser somados os recursos aplicados em projetos das tipologias Residencial e Baixa Renda. As distribuidoras com mercado inferior a 1.000 GWh/ano estão isentas desta obrigação.

Após a realização das Chamadas Públicas, não havendo proposta de projetos qualificados que contemplem todo o recurso disponível, as distribuidoras podem, por iniciativa própria, definir outros projetos em qualquer setor ou tipologia sem necessidade de atender a regra de 50% de investimento nas duas maiores classes de consumo.

### 2.3.1 Chamada Pública de Projetos (CPP)

As CPPs são instrumentos de seleção de projetos de EE que acontecem de acordo com os requisitos estabelecidos pela ANEEL e tem a intenção de tornar o processo de seleção e implantação dos projetos do PEE mais abrangente e transparente para a sociedade (ANEEL, 2016a). O objetivo é promover a escolha de projetos para unidades consumidoras na área de concessão das distribuidoras levando em consideração o atendimento das exigências das normatizações dos PEE, através de um ranqueamento dos projetos propostos. O período de recebimento das propostas de projetos, para as unidades consumidoras atendidas nas áreas de concessão são definidos pelas concessionárias de energia.

Desta forma, a CPP torna o processo decisório de escolha dos projetos e consumidores beneficiados pelo PEE mais transparente e democrático, promovendo maior participação da sociedade. Por meio desse instrumento, todos os interessados poderão apresentar suas propostas. A regulamentação referente às Chamadas Públicas encontra-se no Módulo 3 – Seleção e Implantação de Projetos dos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE (ANEEL, 2018c).

Cada concessionária de energia tem autonomia para definir o nível de pontuação para os critérios de classificação das propostas, a partir de um intervalo referencial pré-estabelecido



de valores mínimos e máximos e não podendo exceder ao total de 100 pontos. Na Tabela 13 estão apresentados os valores de pontuação em cada item de avaliação (ANEEL, 2016b).

A equipe do PEE de cada concessionária tem a responsabilidade de definir a data de publicação do Edital da CPP, ao qual deve ser divulgada para conhecimento e mobilização dos interessados na proposição de projetos. Inicialmente, a equipe do PEE deve estudar o seu mercado, visando atender a norma regulatória de aplicação de 50% nas duas tipologias que representam as maiores classes de consumo no mercado da distribuidora e definindo a estratégia para fomentar a prospecção dos melhores projetos de eficiência energética.

Tabela 13: Critérios de pontuação de classificação das propostas.

ITEM	CRITÉRIO	MÍNIMA	MÁXIMA
A	Relação custo benefício	30	40
A1	Relação custo benefício proporcional	75%	75%
A2	Relação custo benefício ordenada	25%	25%
B	Peso do investimento do equipamento sobre o custo total	5	10
C	Impactos diretos dos benefícios energéticos	10	20
C1	Impacto na economia de energia	50%	70%
C2	Impacto na redução de demanda na ponta	30%	50%
D	Qualidade do projeto	8	15
D1	Qualidade global do projeto	20%	30%
D2	Bases do projeto	20%	30%
D3	Consistência do cronograma apresentado	20%	30%
D4	Estratégia de M&V	30%	40%
E	Capacidade de superar barreiras de mercado e efeito multiplicador	0	5
E1	Eficácia na quebra de barreiras de mercado	0%	100%
E2	Induz comportamentos de uso eficiente de energia	0%	100%
E3	Destina-se a segmentos com barreiras mais relevantes	0%	100%
F	Experiência em Projetos Semelhantes	10	20
F1	Experiência nos usos finais propostos	30%	40%
F2	Experiência no PEE	20%	30%
F3	Certificação CMVP da EVO	20%	30%
F4	Outras certificações pertinentes	20%	30%
F5	Experiência em Projetos Semelhantes	20%	30%
G	Contrapartida	10	20
H	Incentivo a usos finais	5	10
I	Ações educacionais de divulgação	5	10
TOTAL		100	

As propostas de projetos devem necessariamente promover a eficiência energética de usos finais de energia elétrica, ou seja, a substituição de materiais, equipamentos ou sistemas existentes por outros mais eficientes.

Todos os clientes cativos e livres conectados à rede de distribuição atendidos na área de concessão da concessionária responsável pela CPP, além de empresas legalmente habilitadas para a execução de serviços de conservação de energia, fabricantes e comerciantes de equipamentos, podem apresentar projetos de eficiência energética. As propostas podem ser contempladas com os recursos a partir de um contrato de desempenho ou a fundo perdido onde não há necessidade de devolução do aporte ofertado. Entretanto, de acordo com o (ANEEL, 2018d), só é possível a aplicação de recursos do PEE a fundo perdido se o projeto estiver classificado nas seguintes tipologias: poder público, serviços públicos (desde que não haja participação de capital majoritariamente privado), residencial, baixa renda, educacional, iluminação pública e gestão energética municipal, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Tipologias e características de projetos do PEE.

Tipologias	Ação de Eficiência Energética							Investimento		Prospecção preferencial
	Melhoria de Instalação	Reciclagem	Treinamento e Capacitação	Bonus para Equipamento Eficiente	Gestão Energética	Geração com Fonte Incentivada	Aquecimento Solar	Contrato de desempenho energético	Contratação de fundo perdido	Chamada Pública Projetos
Industrial										
Comércio e Serviços									Possível	
Poder Público								Possível		
Serviços Públicos										
Rural									Possível	
Residência	Condomínio				Condomínio			Possível		
Baixa Renda										
Gestão Energética Municipal										
Iluminação Pública								Possível		
Educacional										

Permitido em Casos Especiais

Regra Geral

Não há Previsão no Regulamento

Para projetos nas tipologias Comércio e Serviços, podem ser aplicados recursos do PEE a fundo perdido somente em consumidores de caráter essencialmente filantrópico ou assistencial. Para as demais tipologias, é obrigatório firmar Contrato de Desempenho, exceto nos casos previamente analisados pela ANEEL e expressamente autorizados (ANEEL; PROPEE, 2018).

De acordo com (ANEEL, 2018d), o principal objetivo do Contrato de Desempenho Energético é evitar a transferência de recursos públicos para unidades consumidoras de natureza privada e sem fins assistenciais. Outro objetivo importante do Contrato de Desempenho é a

ampliação do montante de recursos para eficiência energética, sem a incidência de encargo tarifário ou instrumento equivalente (imposto, contribuição, etc.). Um terceiro objetivo desse instrumento é reduzir o máximo possível a desconfiança em relação ao sucesso da ação de eficiência energética, uma vez que o pagamento está condicionado ao sucesso da medida implantada.

O contrato de desempenho energético é celebrado entre partes, no qual o pagamento se baseia na obtenção de resultados específicos, tais como a redução nos custos de energia ou o reembolso do investimento dentro de um determinado período (EVO, 2012). A correção incidida neste exemplo se dá anualmente através do INPC.

### **2.3.2 Projetos Especiais**

Projetos especiais são aqueles que por sua relevância ou característica não típica, merecem atenção especial, tanto da distribuidora quanto do regulador:

- a) PROJETO PRIORITÁRIO – trata de projetos de grande relevância e/ou abrangência, cuja finalidade é testar, incentivar ou definir ações de destaque como política pública para incrementar a eficiência energética no país;
- b) PROJETO DE GRANDE RELEVÂNCIA – trata de projetos com impacto socioambiental relevante, que apresentem contribuições claras e significativas para a transformação do mercado de energia elétrica ou que tragam benefícios relevantes além do impacto energético;
- c) PROJETO PILOTO – trata de projetos promissores, inéditos ou inovadores, incluindo pioneirismo tecnológico e/ou metodológico, buscando experiência para ampliar, posteriormente, sua escala de execução;
- d) PROJETO COOPERATIVO – trata de projetos envolvendo mais de uma distribuidora, buscando economias de escala, complementaridade de competências, aplicação das melhores práticas e melhorias na eficiência e qualidade dos projetos realizados.

No Quadro 2 é apresentado um quadro geral de tipologia e características de projetos especiais do PEE.

Quadro 2: Tipologias e características de projetos especiais do PEE.

Tipologias	Características especiais				Investimento		Prospecção preferencial
	Prioritário	Grande relevância	Piloto	Cooperativo	Contrato de desempenho energético	Contratação de fundo perdido	Chamada Pública Projetos
Industrial							
Comércio e Serviços						Possível	
Poder Público					Possível		
Serviços Públicos							
Rural						Possível	
Residência					Possível		
Baixa Renda							
Gestão Energética Municipal							
Iluminação Pública					Possível		
Educacional							

Permitido em Casos Especiais

Regra Geral

Não há Previsão no Regulamento

### 2.3.3 Viabilidade Econômica de Projetos de Eficiência Energética

O principal critério para a avaliação da viabilidade econômica do PEE é a Relação Custo Benefício (RCB) que ele proporciona. O benefício é a valoração da energia economizada e da redução da demanda na ponta durante a vida útil do projeto para o sistema elétrico. Já o custo compreende os aportes feitos para a sua realização (do PEE, do consumidor ou de terceiros) (FARIA, 2016).

Para avaliar a viabilidade econômica do projeto realizado no âmbito do PEE, é considerada a ótica do sistema elétrico, exceto no caso de Fontes Incentivadas, onde se pode tomar como referência o preço efetivamente pago pelo consumidor. A racionalidade da avaliação de um Projeto de Eficiência Energética feito com recurso advindo do conjunto dos consumidores de energia elétrica consiste em saber se o benefício auferido é maior que aquele que haveria se o recurso tivesse sido empregado na expansão do sistema elétrico.

Assim, considera-se que o benefício anual apurado com a valoração da energia e da demanda reduzidas ao custo unitário marginal de expansão do sistema deve ser no mínimo 25% maior que o custo do projeto. Em outras palavras, a relação custo/benefício do projeto deve ser igual ou inferior a **0,8** (oito décimos). Supõe-se que os 25% adicionais são considerados para fazer frente ao maior risco percebido pela sociedade às ações de Eficiência Energética em relação às de expansão do sistema. Essa margem de segurança segundo a ANEEL pode ser reduzida à medida que as ações de Eficiência Energética vão ganhando credibilidade.

Portanto, o critério principal que norteia a viabilidade econômica do PEE é que a RCB calculada pela ótica do sistema elétrico sendo limitada ao valor máximo admissível de **0,8** (oito décimos). No caso dos Contratos de Desempenho Energético, que contemplam compromissos de pagamentos futuros, admite-se RCB menor ou igual a **0,9** (nove décimos). Para projetos com Fontes Incentivadas, devido as tarifas e enquadramento diferenciados, a título de incentivo, admite-se RCB menor ou igual a **1,0** (um).

Se um projeto tiver mais de um uso final (iluminação, refrigeração, dentre outros), cada um desses usos finais deverá ter sua Relação Custo-Benefício (*RCB*) calculada individualmente. A *RCB* global do projeto deve ser apresentada considerando as somas dos custos e benefícios. A expressão básica para o cálculo da *RCB* de um projeto de Eficiência Energética é apresentada através da expressão (2.18),

$$RCB = \frac{CAT}{BAT} \quad (2.18)$$

em que:

- *CAT* - custo anualizado total (R\$/ano);
- *BAT* - benefício anualizado total (R\$/ano).

Para projetos de Eficiência Energética com adição de fonte incentivada o cálculo da relação custo-benefício é obtido conforme a expressão (2.19),

$$RCB = \frac{CAT}{BACG + BAEF} \quad (2.19)$$

em que:

- *CAT* - custo anualizado total (R\$/ano);
- *BACG* - benefício anual da central geradora (R\$/ano);
- *BAEF* - benefício anual das ações de Eficiência Energética (R\$/ano).

Os custos são avaliados sobre a ótica do Programa de Eficiência Energética, onde os benefícios são comparados aos custos aportados efetivamente pelo Programa de Eficiência Energética.

### 2.3.4 Cálculo dos Custos

O cálculo dos Custos Anualizados Total – *CAT* (R\$/ano) segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE sendo realizado a partir das expressões (2.20), (2.21), (2.22) e (2.23),

$$CA_T = \sum_n CA_n \quad (2.20)$$

$$CA_n = CEn \cdot \frac{CT}{CET} \cdot FRCu \quad (2.21)$$

$$CET = \sum_n CEn \quad (2.22)$$

$$FRCu = \frac{i \cdot (1 + i) \cdot u}{(1 + i) \cdot u - 1} \quad (2.23)$$

em que:

- $CA_n$  - custo anualizado de cada n equipamento (R\$/ano);
- $CEn$  - custo de cada equipamento (R\$);
- $CT$  - custo total do projeto (R\$);
- $CET$  - custo total dos n equipamentos (R\$);
- $FRCu$  - fator de recuperação do capital para u anos (1/ano);
- $u$  - vida útil dos equipamentos (ano);
- $i$  - taxa de juros (A ANEEL recomenda a taxa de 8% ao ano).

### 2.3.5 Cálculo dos Benefícios

Os benefícios são avaliados sobre a ótica do sistema elétrico (sociedade), valorando as economias de energia e redução de demanda pela tarifa do sistema de bandeiras tarifárias de energia. A expressão de obtenção dos Benefícios Anualizados Total (R\$/ano) -  $BAT$  é apresentada, conforme a expressão (2.24),

$$BAT = (EE \cdot CEE) + (RDP \cdot CED) \quad (2.24)$$

em que:

- $EE$  - energia anual economizada (MWh/ano);
- $CEE$  - custo unitário da energia economizada (R\$/MWh);
- $RDP$  - redução de demanda em horário de ponta (kW);
- $CED$  - custo unitário evitado de demanda (R\$/kW/ano).

Para projetos de Eficiência Energética com adição de fonte incentivada os benefícios são computados separadamente, segundo sua origem, da seguinte forma:

a) Central geradora: *CEE* e *CED* de acordo com o preço final da energia e da demanda pago pelo consumidor, incluindo impostos e encargos;

b) Eficiência Energética: *CEE* e *CED* de acordo com o custo marginal de expansão (quando disponível) ou tarifa horassazonal azul, ou sistema de bandeiras tarifárias de energia, conforme estabelecido no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET, sem a incidência de impostos ou encargos. A expressão do custo unitário evitado de demanda (*CED*), em R\$/kW/ano é calculado conforme a expressão (2.25),

$$CED = (13 \cdot C_1) + (13 \cdot C_2 \cdot LP) \quad (2.25)$$

em que:

- $C_1$  - custo unitário da demanda no horário de ponta (R\$/kW/mês);
- $C_2$  - custo unitário da demanda no horário fora de ponta (R\$/kW/mês);
- $LP$  - constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta.

A expressão do custo unitário da energia economizada (*CEE*), em R\$/MWh é calculado conforme a expressão (2.26),

$$CEE = \frac{(C_3 \cdot LE_1) + (C_4 \cdot LE_2) + (C_5 \cdot LE_3) + (C_6 \cdot LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \quad (2.26)$$

em que:

- $C_3$  - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos (R\$/MWh);
- $C_4$  - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos (R\$/MWh);
- $C_5$  - custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos secos (R\$/MWh);
- $C_6$  - custo unitário da energia no horário fora de ponta de períodos úmidos (R\$/MWh);
- $LE_1$  - constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta;
- $LE_2$  - constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta;
- $LE_3$  - constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta;
- $LE_4$  - constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta.

O cálculo se baseia no impacto para o sistema da carga evitada, supondo-se um perfil de carga típico e caracterizado pelo Fator de Carga ( $F_c$ ). O coeficiente  $k$  é um fator de ajuste que relaciona o fator perda ao fator carga, o fator perdas tem o seu limite mínimo quando o valor de  $k$  é igual a 1, ou seja, quando a curva de carga do elemento em estudo é plana. Já o limite superior, ocorre quando o valor de  $k$  é igual a 0, ou seja, quando a curva de carga do elemento em estudo apresenta uma variação significativa em apenas um pequeno intervalo de tempo (ANTONELLI, 2014).

Para projetos de eficiência energética a partir do PEE, a ANEEL recomenda a utilização do coeficiente  $k = 0,15$ , e a partir do  $F_c$  da edificação são definidas as constantes de perdas empregadas no cálculo do  $CED$  e  $CEE$ . A Tabela 14 apresenta os coeficientes para  $k = 0,15$  (ANEEL, 2018e).

Tabela 14: Coeficientes das equações para  $k = 0,15$ .

FATOR DE CARGA	$LP$	$LE_1$	$LE_2$	$LE_3$	$LE_4$
0,30	0,2500	0,27315	0,19121	0,35166	0,24832
0,35	0,2809	0,28494	0,19946	0,52026	0,36738
0,40	0,3136	0,29727	0,20809	0,71014	0,50146
0,45	0,3481	0,31014	0,21710	0,92130	0,65057
0,50	0,3844	0,32355	0,22649	1,15375	0,81472
0,55	0,4225	0,33750	0,23625	1,40748	0,99389
0,60	0,4624	0,35199	0,24639	1,68249	1,18808
0,65	0,5041	0,36950	0,25865	1,97632	1,39557
0,70	0,5476	0,38516	0,26961	2,29381	1,61977

A energia e demanda evitadas correspondem a uma redução de perdas no sistema e o benefício “de evitar uma unidade de perdas é numericamente igual ao custo de fornecer uma unidade adicional de carga”. O cálculo se baseia no impacto para o sistema da carga evitada, supondo-se um perfil de carga típico e caracterizado pelo fator de carga do segmento elétrico imediatamente a montante daquele considerado ou que sofreu a intervenção, ou ainda, na falta deste, admitir-se-á o médio da distribuidora de energia elétrica dos últimos 12 meses.

A metodologia de cálculo da energia anual economizada  $EE$  em MWh/ano e a redução de demanda em horário de ponta  $RDP$  em kW é apresentada na seção 3.2.6 a seguir, onde dois exemplos de usos finais serão considerados: sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.



### 2.3.6 Iluminação - PEE

Ações de Eficiência Energética em sistemas de iluminação estão contempladas pelos PROPEE a partir da:

- a) substituição de equipamentos: lâmpadas, reatores e luminárias;
- b) instalação de dispositivos de controle (ex. interruptores, sensores de presença, dimmers);
- c) maior aproveitamento da iluminação natural com redução da carga da iluminação artificial;
- d) outras ações, como adequação da instalação elétrica, poderão ser feitas, com as adaptações necessárias.

As informações necessárias para a metodologia de cálculo, conforme tabela Anexo G, devem ser seguidas para o correto diagnóstico do sistema, como identificado:

- 1) Agrupar as lâmpadas em sistemas que tenham o mesmo regime de funcionamento e sejam trocadas por um determinado tipo de lâmpada (usar sistemas diferentes para troca diferentes);
- 2) Tipo de lâmpada (incandescente, fluorescente, etc.) e potência nominal;
- 3) Incluir a potência média consumida pelos reatores por cada lâmpada (especificar se são reatores eletromagnéticos ou eletrônicos);
- 4) Quantidade de lâmpadas em cada sistema considerado;
- 5) Potência total instalada;
- 6) Funcionamento médio anual (h/ano);
- 7) Fator de coincidência na ponta;
- 8) Energia consumida (MWh/ano);
- 9) Demanda média na ponta (kW);
- 10 a 18) Mesmas considerações acima. O funcionamento só será diferente se forem instalados dispositivos de controle adicionais;
- 21) Redução de demanda na ponta (*RDP*);
- 22) *RDP* em termos percentuais;
- 23) Energia economizada (*EE*);
- 24) *EE* em termos percentuais.

A vida útil das lâmpadas em anos e a estimativa do Fator de Coincidência na Ponta (*FCP*) podem ser obtidas através das expressões (2.27) e (2.28), respectivamente,

$$\text{Vida útil das lâmpadas (em anos)} = \frac{\text{Vida útil da lâmpada (em horas)}}{\text{Tempo de utilização (em horas/ano)}} \quad (2.27)$$

$$FCP = \frac{nm \cdot nd \cdot nup}{792} \quad (2.28)$$

em que:

- *vida útil da lâmpada (em horas)* é fornecida pelo fabricante.
- *FCP* - fator de coincidência na ponta;
- *nm* - número de meses, ao longo do ano, de utilização em horário de ponta ( $\leq 12$  meses);
- *nd* - número de dias, ao longo do mês, de utilização em horário de ponta ( $\leq 22$  dias);
- *nup* - número de horas de utilização em horário de ponta ( $\leq 3$  horas);
- 792 - número de horas de ponta disponíveis ao longo de 1 ano.

A Energia Economizada *EE* em MWh/ano e a Redução de Demanda na Ponta *RDP* em kW são obtidas através das expressões (2.29) e (2.30), respectivamente,

$$EE = \left[ \sum_{\text{Sistema } i} (q_{ai} \cdot p_{ai} \cdot h_{ai}) - \sum_{\text{Sistema } i} (q_{pi} \cdot p_{pi} \cdot h_{pi}) \right] \cdot 10^{-6} \quad (2.29)$$

$$RDP = \left[ \sum_{\text{Sistema } i} (q_{ai} \cdot p_{ai} \cdot FCP_{ai}) - \sum_{\text{Sistema } i} (q_{pi} \cdot p_{pi} \cdot FCP_{pi}) \right] \cdot 10^{-3} \quad (2.30)$$

em que:

- *q<sub>ai</sub>* - número de lâmpadas no sistema *i* atual (unidade);
- *p<sub>ai</sub>* - potência da lâmpada e reator no sistema *i* atual (W);
- *h<sub>ai</sub>* - tempo de funcionamento do no sistema *i* atual (h/ano);
- *q<sub>pi</sub>* - número de lâmpadas no sistema *i* proposto (unidade);
- *p<sub>pi</sub>* - potência da lâmpada e reator no sistema *i* proposto (W);
- *h<sub>pi</sub>* - tempo de funcionamento do sistema *i* proposto (h/ano).
- *FCP<sub>ai</sub>* - fator de coincidência na ponta no sistema *i* atual;
- *FCP<sub>pi</sub>* - fator de coincidência na ponta sistema *i* proposto.

### 2.3.7 Condicionamento de Ar - PEE

Condicionamento de ar é um item de eficientização contemplado pelo PEE. As ações de Eficiência Energética em sistemas de condicionamento de ar referem-se à substituição de equipamentos.

A metodologia de cálculo recomenda algumas observações, conforme tabela Anexo H, que devem ser seguidas para o correto diagnóstico do sistema.

- 0) Agrupar os aparelhos em sistemas que tenham o mesmo regime de funcionamento e sejam trocados por um determinado tipo de ar (usar sistemas diferentes para troca diferentes);
- 1) Agrupar os aparelhos com as mesmas características de instalação e funcionamento e especificar, por tipo: tecnologia (janela, split, *self contained*, dentre outras); horas de funcionamento. Usar tipos diferentes para troca diferentes (se um tipo de equipamento for trocado por 2 tipos diferentes, considerar tipos diferentes);
- 2) Potência nominal de refrigeração;
- 3) Usar dados do Inmetro (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>) de preferência;
- 4) Quantidade de aparelhos do tipo considerado;
- 5) Potência instalada;
- 6) Potência média consumida, considerado o regime de funcionamento do sistema e o perfil de temperatura médio assumido (igual à potência instalada vezes um fator de utilização).
- 7) Funcionamento médio anual;
- 8) Fator de coincidência na ponta: deve refletir os hábitos de uso e temperaturas neste horário;
- 9) Energia consumida anualmente;
- 10) Demanda média na ponta (deve ser estimada em cada caso);
- 11 a 20) Mesmas considerações acima. O funcionamento só será diferente se houver alguma mudança justificada;
- 21) Redução de demanda na ponta (RDP);
- 22) RDP em termos percentuais;
- 23) Energia economizada (EE);
- 24) EE em termos percentuais.

A estimativa do fator de coincidência na ponta é similar ao apresentado no sistema de iluminação, através da expressão (3.11).

A Energia Economizada  $EE$  em MWh/ano é obtida através da expressão (2.31),

$$EE = \left[ \sum_{\text{Sistema } i} (q_{ai} \cdot P_{uai} \cdot h_{ai} - q_{pi} \cdot p_{pi} \cdot h_{pi}) \right] \cdot 10^{-3} \quad (2.31)$$

em que:

- $q_{ai}$  - quantidade de aparelhos no sistema  $i$  atual (unidade);
- $P_{uai}$  - potência média do aparelho no sistema  $i$  atual (kW);
- $h_{ai}$  - tempo de funcionamento do sistema  $i$  atual (h/ano);
- $q_{pi}$  - quantidade de aparelhos no sistema  $i$  proposto (unidade);
- $P_{upi}$  - potência média do aparelho no sistema  $i$  proposto (kW);
- $h_{pi}$  - tempo de funcionamento do sistema  $i$  proposto (h/ano).

A Redução de Demanda na Ponta  $RDP$  em kW é obtida através da expressão (2.32),

$$RDP = \left[ \sum_{\text{Sistema } i} (q_{ai} \cdot P_{uai} \cdot FCP_{ai} - q_{pi} \cdot P_{upi} \cdot FCP_{pi}) \right] \quad (2.32)$$

em que:

- $FCP_{ai}$  - fator de coincidência na ponta no sistema  $i$  atual;
- $FCP_{pi}$  - fator de coincidência na ponta no sistema  $i$  proposto.

### 2.3.8 Fontes Incentivadas (Geração Distribuída) - PEE

No âmbito do PEE a análise quanto a possibilidade da implementação de projeto de geração de energia a partir de Fonte Incentivada<sup>8</sup> é realizada devido ao fato deste tipo de ação ser contemplado dentro das possibilidades já previstas no PROPEE. No entanto, só é possível se as ações de eficiência energética economicamente viáveis apuradas em diagnóstico energético, nas instalações do consumidor beneficiado, já tiverem sido implementadas.

A análise da viabilidade de fontes incentivadas é feita considerando-se o ponto de vista do consumidor, ou seja, considerar-se os benefícios energéticos (energia economizada e demanda na ponta evitada) valorados pelo preço pago pelo consumidor.

---

<sup>8</sup> Entende-se como geração a partir de Fonte Incentivada a central geradora de energia elétrica definida na Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e suas alterações.

Os custos considerados são somente os aportados pelo PEE, excluindo-se o investimento feito pelo consumidor ou por terceiros. Neste sentido, a contrapartida se apresenta como uma importante possibilidade para viabilização de projetos.

Havendo outros benefícios mensuráveis, além dos energéticos, poderão ser computados no cálculo da viabilidade.

Somente são aceitos projetos com *RCB* igual ou inferior a 1,0.

No cálculo da *RCB* os benefícios devem ser computados para central geradora da seguinte forma: Custo Unitário da Energia Economizada (*CEE*) e o Custo Unitário Evitado de Demanda (*CED*) devem ser calculados de acordo com o preço final da energia e da demanda pago pelo consumidor, incluindo impostos e encargos tarifários.

### **2.3.9 Marketing e Divulgação**

O Marketing e Divulgação é item obrigatório a projetos de eficiência energética e tem como objetivo dar publicidade e transparência às ações realizadas e aos resultados alcançados, visando à disseminação do conhecimento gerado e das práticas utilizadas e à promoção da eficiência energética no setor de energia elétrica.

No entanto, os custos de marketing e divulgação somados aos custos administrativos não poderão ultrapassar o limite de 5% do valor do projeto. Este valor deverá ser considerado no cálculo da Relação Custo Benefício – *RCB* do projeto. Os valores deverão ser discriminados e contabilizados de forma detalhada, para que possam ser devidamente avaliados.

### **2.3.10 Treinamento e Capacitação**

O PEE exige a implementação, treinamento e capacitação de equipes técnicas e administrativas que atuam nos consumidores beneficiados ou a formação de cultura em conservação e uso racional de energia em comunidades ou grupos de consumidores beneficiados por um projeto de eficiência energética dentro do PEE, desde que obedeçam às seguintes condições:

- a) tenha como objetivo garantir a permanência e/ou ampliação de ações de eficiência energética implantadas;
- b) atenda a todas as disposições das Fases;
- c) tenha todos os custos considerados no cálculo da relação custo benefício do projeto. Se houver participação da equipe de gestão do PEE da distribuidora, seus custos deverão ser contabilizados no Plano de Gestão da Distribuidora;

- d) se, visando otimizar a aplicação dos recursos do PEE, as ações de treinamento e capacitação contemplem mais de um projeto, seus custos devem ser divididos entre os projetos participantes;
- e) em todo material didático e de divulgação do treinamento ou do curso deve estar destacada a logomarca do PEE;
- f) as atividades devem se adequar a cada projeto, observando-se o seu porte e o porte das instalações beneficiadas, margem em relação à RCB limite, projetos que possam compartilhar estas atividades, meios de comunicação disponíveis etc. Em caso extremo, pode ser apenas uma palestra sobre o projeto, programa e eficiência energética.

### **2.3.11 Medição e Verificação**

A Medição e Verificação (M&V) consiste no conjunto de procedimentos para aferição e avaliação dos resultados e benefícios energéticos proporcionados por projetos de eficiência energética. Este conjunto de procedimentos e avaliações são definidos a partir da elaboração do plano de M&V.

#### **2.3.11.1 Fatores Considerados em Um Plano de M&V**

Na sequência são apresentados os principais fatores considerados em um plano de (M&V)(ANEEL, 2014):

**LINHA DE BASE** – Curva de consumo de energia medido antes da implementação das ações de eficiência energética.

**VARIÁVEIS INDEPENDENTES** - Para cada ação de eficiência energética deve-se definir as variáveis independentes que influenciam no consumo de energia. São exemplos de Variáveis independentes: o clima, a taxa de ocupação de uma edificação entre outros.

É necessário medir as variáveis independentes e a relação com o uso da energia de forma que para um conjunto de variáveis independentes que seja possível calcular a energia consumida.

**FATORES ESTÁTICOS** – São fatores que afetam o uso da energia, porém espera-se que não variem durante o período de determinação da economia, ou seja das medições feitas após as ações de eficiência energética. São exemplos de Fatores estáticos: O tamanho de uma instalação, a ocorrência de sombras ou insolação na fachada e um prédio dentre outros.

Quando os fatores deixam de ser estáticos, o modelo de consumo energético necessita de um ajuste, um estudo de engenharia chamado de ajuste de linha de base.

**PERÍODO DE MEDIÇÃO** – Existem dois períodos de medição:

*EX-ANTE* – Também conhecido como período da linha de base e é realizado antes das ações de eficiência energética. O período de linha de base deve representar a instalação em todos os momentos que ela deve operar e tem o objetivo determinar o modelo de consumo relacionando e medindo energia e variáveis independentes.

*EX-POST* – é o período de determinação da economia, realizado após a implementação das ações de eficiência energética, que mede a economia e as variáveis independentes. As variáveis independentes devem ser introduzidas no modelo para calcular a linha de base ajustada.

A economia gerada pela implementação da ação de eficiência energética é o consumo da linha de base ajustada menos o consumo do período de determinação (quanto se consumiu após a ação).

*FRONTEIRA DE MEDIÇÃO* – é a delimitação dos fluxos de energia medidos, a entrada de energia no sistema e os serviços prestados por esta energia. Por conseguinte, para definir se é necessário medir toda instalação ou fazer a medição isolada deve-se levar em conta o objetivo e a responsabilidade da ação de eficiência energética, a abrangência das medidas, o custo da medição e os modelos energéticos.

*EFEITO INTERATIVO* – é a consequência da ação de eficiência energética fora da fronteira de medição, um exemplo é substituição de sistema de iluminação por modelos mais eficientes e que dissipam menos calor, desta forma além da influência no consumo do sistema de iluminação também se tem um impacto de consumo no sistema de condicionamento ambiental.

Os efeitos interativos podem ser estimados ou ignorados. Se for importante a ponto de ser medido, deixa de ser efeito interativo e passa a ficar dentro na fronteira de medição.

*OPÇÕES DO PIMVP* - são quatro opções de medições através do PIMVP as opções A, B, C e D (EVO, 2011). As opções A e B são para medições isoladas e as opções C e D para toda a instalação.

Uma vez definidas as variáveis independentes e a fronteira de medição, a opção esta praticamente definida, Ex:

- a) quando se considera toda a instalação a opção indicada é a C (Esta opção deve ser a primeira a ser considerada);
- b) quando se necessita de um medidor específico deve-se optar para a opção A ou B. Na opção B se mede tanto energia quanto variáveis;
- c) quando se necessita a estimacão de algo a opção a ser considerada é a A;
- d) a opção D é indicada para quando se faltam dados do o período de medição, esta opção é indicada para novas instalações ou também pode ser usada para separar os efeitos de

várias ações de eficiência energética cujos resultados foram apurados em conjunto com a opção C.

É importante ressaltar que na definição da opção é necessário avaliar os custos dos medidores em relação a necessidade de maior ou menor precisão.

### 2.3.11.2 Cálculo do Número de Amostras

Técnicas de amostragem podem ser utilizadas para projetos com trocas de muitos equipamentos, no entanto, cuidados devem ser tomados com a incerteza introduzida.

Recomenda-se seguir os passos preconizados pelo Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) (EVO, 2011) para se determinar o tamanho da amostra:

- a) Seleção de uma população homogênea a partir da divisão da população em subconjuntos homogêneos, por exemplo, agrupando as lâmpadas de mesma potência ou ar-condicionado de mesma capacidade;
- b) Determinação dos níveis desejados de precisão e de confiança, sugere-se adotar 10% com 95% de confiança;
- c) Decisão quanto ao nível de desagregação. Quando não houver muitos subconjuntos, adotar o critério acima para cada um; senão, reduzir a precisão almejada (deve-se perseguir 10% como meta geral para a amostragem).
- d) Cálculo do tamanho da amostra inicial em que são usados Coeficientes de Variação (CV) típicos. Se este dado não estiver disponível, adotar um CV de 0,5.
- e) O tamanho da amostra inicial pode ser calculado, conforme a expressão (2.33),

$$n_0 = \frac{z^2 \cdot CV^2}{e^2} \quad (2.33)$$

em que:

- $z$  - valor padrão da distribuição normal (confiabilidade de 95%) = 1,96;
- $CV$  - coeficiente de variação das medidas;
- $e$  - precisão desejada (= 0,1).

Para pequenas populações deverá ser feito um ajuste quanto a estimativa inicial do tamanho da amostra, conforme a expressão (2.34) e adotá-la, se menor que a anterior ( $n < n_0$ ),

$$n = \frac{n_0 \cdot N}{n_0 + N} \quad (2.34)$$

em que:

- $n$  - tamanho reduzido da amostra;
- $N$  - tamanho da população.



### 3 METODOLOGIA

A metodologia proposta neste trabalho visa servir de modelo referencial em proposição de projetos de eficiência energética através do PEE. Nesta proposta, os projetos são concebidos para subsidiar financeiramente o melhoramento no nível de eficiência em edificações, visando a realização do processo de etiquetagem através do PBE Edifica.

A Figura 19 exibe, de forma esquemática, a sequência de etapas empregadas na metodologia que finaliza com a obtenção da ENCE geral de edificação construída. O fluxograma geral representa a esquematização “macro” do processo de integração entre o PEE e o PBE Edifica.

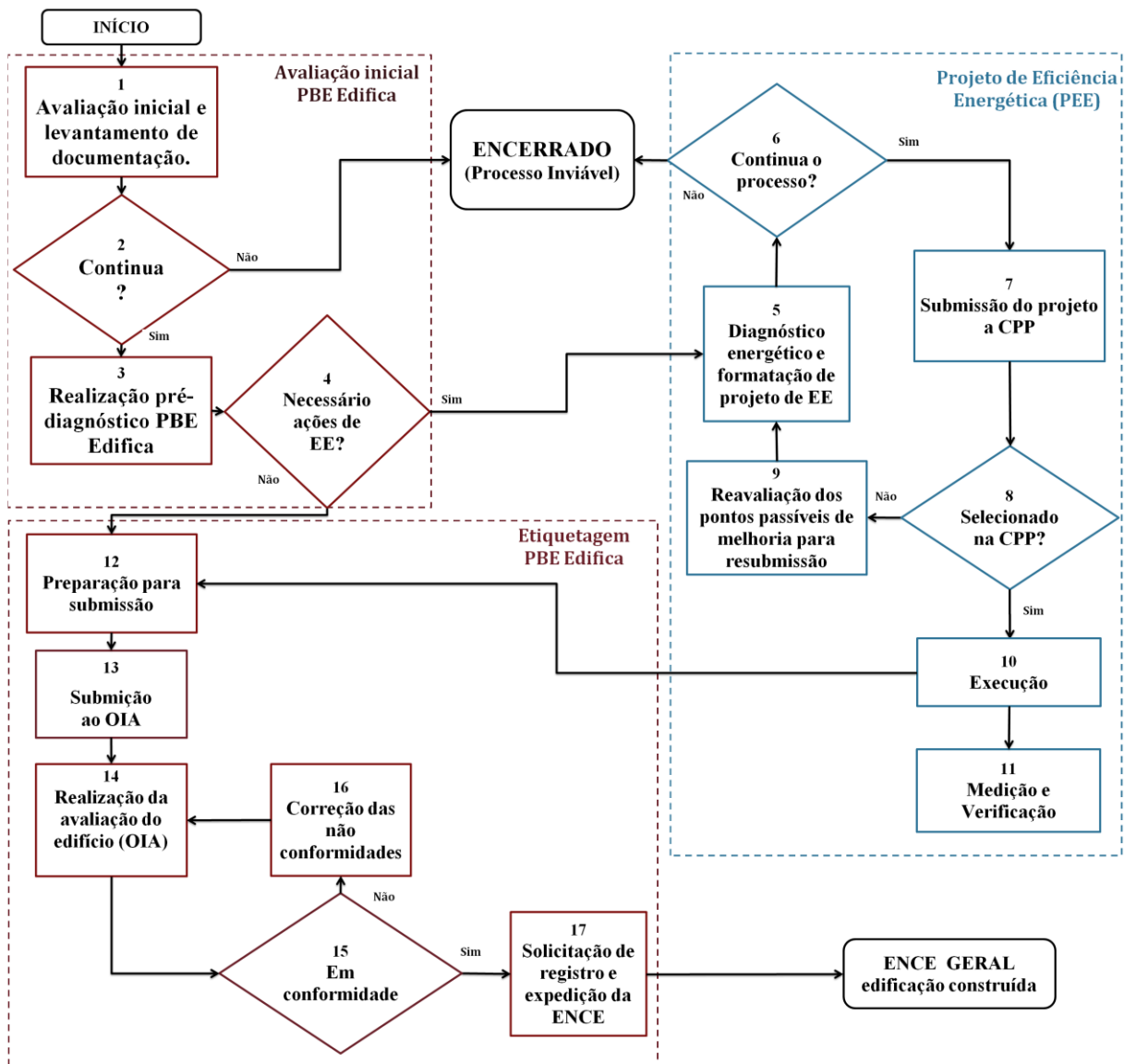
A execução da proposta tem como primeiro passo, no bloco 1, a avaliação inicial das características construtivas da envoltória (conforme item 2.2.2.2) e o levantamento da documentação necessária para a realização do processo de etiquetagem (documentação constante no item 2.2.2). A coleta de dados é realizada por meio documentos fornecidos pela instituição e de levantamentos através de visitas ao local de estudo.

Após a realização da avaliação inicial e do levantamento da documentação do edifício, segue-se para o bloco 2, que contempla uma tomada de decisão quanto a continuidade do processo. Caso as características construtivas indiquem que a edificação não atende às exigências do PBE Edifica e caso a documentação necessária para o processo de etiquetagem não esteja completa é indicado encerrar o processo. O encerramento ocorre devido inviabilidade dos custos para adequação do edifício ou para o levantamento de documentação necessária.

Em caso de opção pela continuidade, o passo seguinte é o bloco 3 que consiste na realização de pré-diagnóstico do PBE Edifica. Nesta etapa, propõe-se a complementação da avaliação inicial da edificação nos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e bonificações.

De posse do pré-diagnóstico é possível avaliar a necessidade ou não da implementação de ações de eficiência energética para melhoramento dos níveis de eficiência (bloco 4). Caso o pré-diagnóstico indique que a edificação já é eficiente, ou seja, nível “A”, segue-se para a preparação da submissão da edificação no bloco 12.

Havendo a necessidade da implementação de ações de eficiência energética, a metodologia propõe a elaboração de projeto a partir do PEE buscando o aporte financeiro para viabilização econômica de ações de melhoramento no nível de eficiência energética da edificação.



- EE – Eficiência Energética;
- ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia;
- CPP– Chamada Pública de Projetos;
- OIA – Organismo de Inspeção Acreditado;
- PEE – Programa de Eficiência Energética.

Figura 19: Fluxograma geral para obtenção da ENCE geral de edificação construída.

A formatação do projeto através do PEE deve contemplar as diversas etapas, atribuições e agentes envolvidos. Neste sentido, os blocos 5 a 11 sintetizam os procedimentos desenvolvidos no PEE.

O bloco 5 contempla a elaboração do diagnóstico energético<sup>9</sup> no âmbito do PEE que tem a finalidade de subsidiar a formatação do projeto de eficiência energética. Nesta etapa, são definidos os usos finais de energia atendidos através do projeto de eficiência energética a se executar.

Os dados levantados proporcionam a realização da análise e tratamento das informações para definição do perfil de consumo<sup>10</sup> através de análise do consumo global e consumo desagregado nos usos finais. Na preparação do projeto é realizada a estimativa *Ex-ante* que utiliza do perfil de consumo de energia e projeta a estimativa do perfil de consumo após a implementação da ação de eficiência energética, assim como da economia a ser obtida.

Nesta etapa também são definidas as estratégias de M&V, que delimitam o que se vai medir e de que forma será medido durante o diagnóstico energético (Variáveis Independentes, Fronteira de Medição, Opção do PIMVP, Modelo de Consumo da Linha de Base e Cálculo das Economias). A definição da estratégia de medição é importante na estimativa dos custos da M&V que devem ser incorporados ao projeto.

A análise de viabilidade econômica do projeto de eficiência energética é desenvolvida conforme descrito no Capítulo 2.3 em que:

- a) a Relação Custo-Benefício (RCB) de um Projeto de Eficiência Energética é calculada através da expressão (2.18) e para projetos com sistemas de geração fotovoltaico através da expressão (2.19);
- b) o cálculo dos custos anualizados são realizados, conforme expressões (2.21), (2.22) e (2.23). A valoração dos benefícios de economia de energia e redução de demanda na ponta são avaliados na ótica do sistema elétrico, priorizando a coletividade, a partir das equações (2.25) e (2.26).

De posse dos resultados da análise de viabilidade econômica, a metodologia apresenta uma tomada de decisão com dois direcionamentos quanto a continuidade do projeto. Caso o projeto seja viável, atendendo as exigências apresentadas no Capítulo 2.3, segue para o bloco 7 para submissão a CPP, entretanto, diante de um cenário de não atendimento as exigências, a metodologia direciona para o encerramento do projeto por inviabilidade.

---

<sup>9</sup> O diagnóstico energético consiste em um conjunto diversificado de atividades para o levantamento de dados, visando a obtenção de todas as informações necessárias para a determinação do potencial de conservação de energia, por meio das contas de energia, memória de massa e levantamento de dados por inspeção.

<sup>10</sup> Perfil de consumo é a distribuição do conjunto de cargas que compõe o consumo energético da edificação.

Mesmo com um projeto viável é necessário considerar a possibilidade da não classificação entre os selecionados para execução na CPP. Para este caso, no bloco 9, a metodologia propõe uma reavaliação do projeto nos pontos possíveis de melhoria, conforme itens listados na Tabela 13, e a partir desta reformatação o projeto pode novamente ser submetido na próxima CPP ou pode ser encerrado por inviabilidade técnica<sup>11</sup>.

O bloco 10 corresponde a execução do projeto, nesta etapa são implementadas as ações de eficiência energética que proporcionam um novo cenário de eficiência energética ao edifício. Após a finalização da implementação das ações de eficiência energética a metodologia indica a continuidade do processo de forma simultânea nos blocos 11 e 12.

O bloco 11 apresenta a verificação do projeto que corresponde ao comissionamento das ações e etapa inicial do período de determinação da economia das atividades. As medições do período de determinação das economias são realizadas após a verificação do bom funcionamento da ação de eficiência energética (concluídas as medições pode-se calcular o quanto se economizou).

A partir das medições do período de determinação das economias já é possível realizar a Estimativa *Ex-post* em que a estimativa de energia e custos economizados são projetados com base nas medições efetuadas e calculadas de acordo com o plano de M&V.

Esta etapa resulta em um produto identificado como “Relatório de M&V” que são os cálculos da economia e da rentabilidade da ação de eficiência energética que compõe o relatório de M&V, que deve ser entregue a ANEEL. Na sequência o projeto ainda é submetido a auditoria, emissão de relatório final, validação da M&V e fiscalização com acompanhamento dos benefícios a longo prazo.

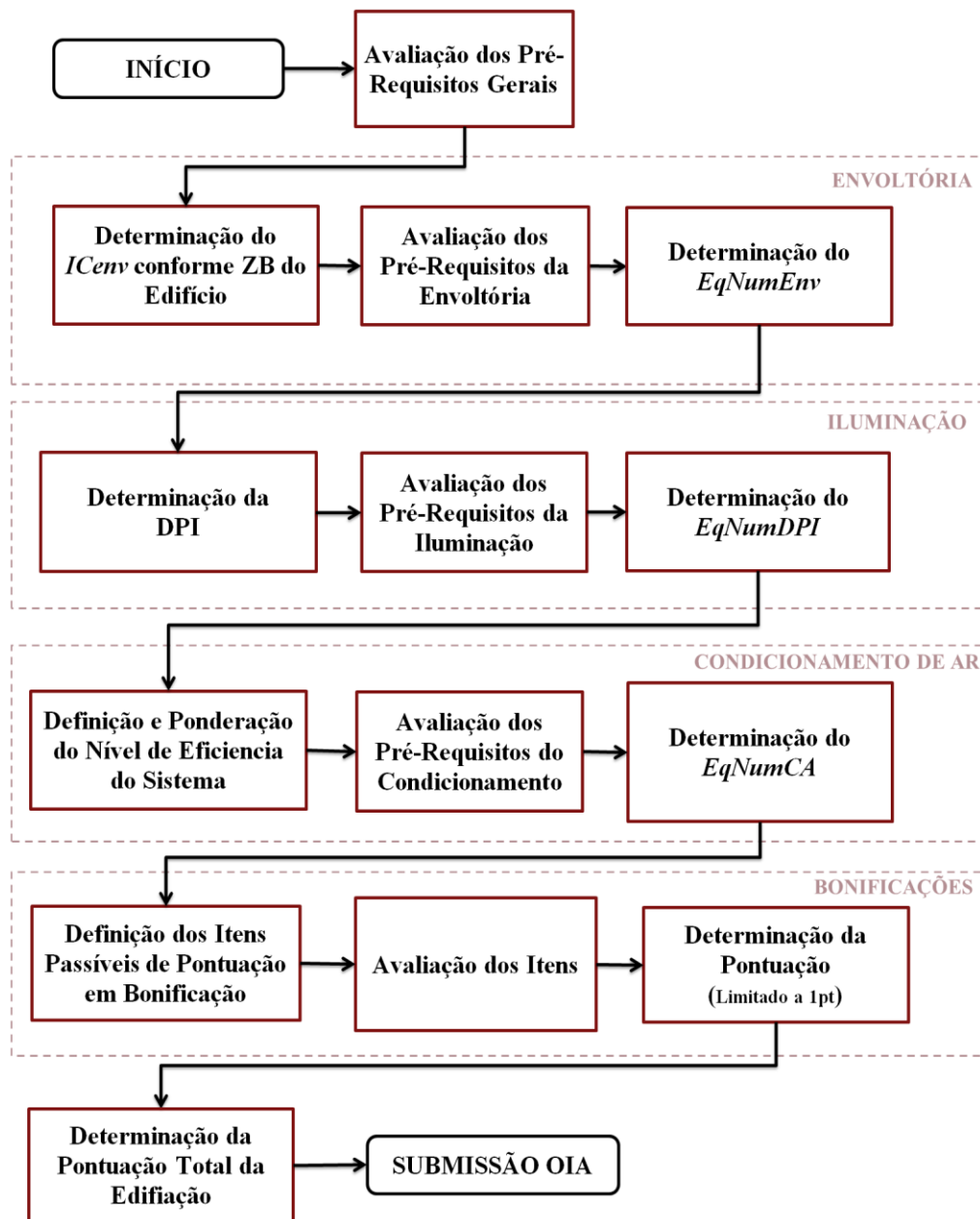
O bloco 12 inicia, simultaneamente com o bloco 11, após a implementação das ações de eficiência energética, realizadas no bloco 10. Nesta etapa é retomado o processo de etiquetagem da edificação com a estruturação do diagnóstico do PBE Edifica.

Para processos de etiquetagem contemplados com ações de eficiência energética através do PEE, são adicionados ao processo as documentações referentes aos usos finais de energia eficientizados através da implementação do projeto do PEE. As normatizações e regulamentações descritas no capítulo 2.2 são aplicadas.

---

<sup>11</sup> Inviabilidade técnica neste sentido consiste em atender as exigências do programa, mas não de forma competitiva, capaz de possibilitar que o projeto seja selecionado para execução na CPP.

Este trabalho sugere na Figura 20, através de um fluxograma geral do PBE Edifica, uma sequência de passos para o desenvolvimento dos procedimentos referentes ao bloco 12.



- *DPI* – Densidade de potência instalada;
- *EqNumEnv* – Equivalente numérico da envoltória;
- *EqNumDPI* – Equivalente numérico da iluminação;
- *EqNumCA* – Equivalente numérico do condicionamento de ar;
- *ICenv* – Indicador de consumo da envoltória;
- *OIA* – Organismo de Inspeção Acreditado;
- *ZB* – Zona bioclimática.

Figura 20: Fluxograma geral PBE Edifica.

Para análise da edificação são utilizados os softwares: *Autocad*, *Excel*, *Google Earth*, *Google SketchUp*, e *Luz do Sol*. O primeiro passo consiste na avaliação quanto ao atendimento aos pré-requisitos gerais da edificação conforme descrito no item 2.2.2.1.

Na sequência, o próximo passo consiste na análise da envoltória em que inicialmente são avaliados os pré-requisitos da envoltória e posteriormente é definido o Indicador de Consumo da Envoltória ( $IC_{env}$ ). O  $IC_{env}$  é calculado através da análise volumétrica dos projetos arquitetônicos da edificação e da expressão, (2.10), (2.11), (2.12), (2.13) ou (2.14), definida conforme a zona bioclimática da região ao qual a edificação é construída (Figura 15).

A partir da definição da equação, conforme localização e dimensões da edificação, é realizado o cálculo do consumo com a utilização das seguintes variáveis: Fator Altura ( $FA$ ) conforme expressão (2.6); Fator Forma ( $FF$ ) conforme expressão (2.7); Ângulo Vertical de Sombreamento ( $AVS$ ); Ângulo Horizontal de Sombreamento ( $AHS$ ); Percentual de Abertura da Fachada total ( $PAF_t$ ); e Volume total da edificação ( $V_{tot}$ ).

Com a definição do  $IC_{env}$  são calculados os limites máximos e mínimos do indicador de consumo conforme Tabela 4 e Tabela 5. Os limites de  $IC_{max}$  e  $IC_{min}$  formam um intervalo “i” em que a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 (quatro) partes, nas quais define o intervalo de mudança de nível de eficiência, variando de “A” até “E”. O intervalo é calculado conforme equação (2.15) e a partir do valor de i, é preenchida a Tabela 6 determinando assim o nível de eficiência da envoltória da edificação e o  $EqNumEnv$ .

Após a determinação do  $EqNumEnv$ , o próximo passo é a definição do nível de eficiência do sistema de iluminação. Para avaliação do sistema de iluminação, inicialmente é verificado o atendimento aos pré-requisitos específicos da iluminação, conforme apresentado no item 2.2.2.3.

O nível da eficiência do sistema de iluminação é definido através da determinação da Densidade de Potência Instalada (DPI). O valor encontrado para a DPI é comparado com valores referenciais pré-estabelecidos, utilizando o método de área ou de atividades. Na sequência é avaliado o atendimento aos pré-requisitos específicos da iluminação e então é definido o  $EqNumDPI$ .

Assim como no sistema de iluminação, o primeiro passo de avaliação para o sistema de condicionamento ar é a verificação quanto ao atendimento aos pré-requisitos específicos, conforme apresentado no item 2.2.2.4. Em seguida é avaliado o nível de eficiência energética do sistema e na sequência é definido o  $EqNumCA$ .

Para as Bonificações a metodologia propõe a realização de avaliação de todos os itens possíveis de pontuação através do PBE Edifica, conforme apresentado no item 2.2.2.5. Os itens

existentes na edificação que atendem aos requisitos do programa são pontuados e é realizada a soma algébrica para definição da pontuação total alcançada para as bonificações, destacando que o valor máximo possível é limitado a 1 (um) ponto.

A partir da definição dos níveis de eficiência da envoltória, condicionamento de ar, iluminação e bonificações é possível determinar o nível de eficiência da ENCE geral de edificação construída conforme expressão (2.17). Desta forma, o processo está preparado para a submissão ao OIA para continuidade do processo de etiquetagem.

Seguindo no fluxograma geral de análise, no bloco 13, a edificação é submetida a avaliação pelo OIA. Caso a avaliação, aponte a existência de não-conformidade<sup>12</sup> estas devem ser tratadas e corrigidas seguindo para o bloco 16. Estando tudo em conformidade o processo de etiquetagem segue para INMETRO, no bloco 17, para realização da acreditação com a emissão e registro da ENCE Geral de edificação construída finalizando o processo.

É importante destacar que a aplicabilidade das exigências contidas nas Portarias do Inmetro para o PBE Edifica e da ANEEL para o PEE são indispensáveis. Conseqüente, as condições específicas de cada edifício definem a necessidade de complementação teórica e de normatizações definidas através das literaturas de referências indicadas nas diretrizes dos programas.

---

<sup>12</sup> As não-conformidades são itens avaliados pelo OIA que não estão de acordo com as exigências do programa, podendo ser tratados e corrigidos ou caso contrário são imputadas as penalidades previstas no programa.

## **4 ESTUDO DE CASO**

Estudo de caso desenvolvido na Universidade Federal de Goiás (UFG), instituição contemplada com Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). A proponente do projeto é a concessionária de energia do estado de Goiás, ENEL Distribuição Goiás e a executora das obras de eficiência energética é a empresa DEODE Engenharia Ltda.

A implementação deste projeto prioritário de eficiência energética proporcionou as condições necessárias para a realização do estudo de caso, já que, a estruturação do processo de etiquetagem e as documentações evidenciais levantadas para a execução do projeto serviram para subsidiar o estudo realizado.

### **4.1 AVALIAÇÃO INICIAL PBE EDIFICA**

A primeira etapa da metodologia proposta consiste no levantamento da documentação necessária para o processo de etiquetagem através do PBE Edifica (documentação constante no item 2.2.2). Neste sentido, a continuidade do processo para a realização do estudo de caso é assegurada, em função da disponibilização da documentação necessária realizada pela Universidade Federal de Goiás (UFG) para a realização do projeto prioritário.

Dando seguimento a metodologia proposta, é realizada a avaliação geral das características construtivas da envoltória da edificação (conforme item 2.2.2.2). Por se tratar de edificação já existentes, em que todos os ambientes de permanência são condicionados, a metodologia de avaliação adotada é a prescritiva tomando como referência os estudos de (LETIANE; GRACE; CRISTIANA, 2018) que evidenciam a metodologia prescritiva como mais simples de ser executada e mais acessível ao mercado profissional.

#### **4.1.1 Caracterização do Objeto de Estudo**

A Universidade Federal de Goiás foi criada no dia 14 de dezembro de 1960 com a reunião de cinco escolas superiores que existiam em Goiânia: a Faculdade de Direito, a Faculdade de Farmácia e Odontologia, a Escola de Engenharia, o Conservatório de Música e a Faculdade de Medicina.



Conforme estatuto da universidade, trata-se de instituição que se enquadra como uma entidade sem fins lucrativos. Atualmente a instituição oferece 150 cursos de graduação, 62 cursos de mestrado e 31 de doutorado. Estima-se em 23.000 estudantes de graduação, mestrado e doutorado.

A Universidade engloba quatro câmpus: Samambaia (Goiânia); Colemar e Silva (Goiânia); Jataí; Catalão. Os câmpus funcionam em geral de segunda-feira a sexta-feira, das 7:00 às 23:00, com aulas sendo ofertadas em três turnos, matutino, vespertino e noturno. O prédio, objeto deste estudo é o Centro de Aulas “E” da Escola de Engenharias da Universidade Federal de Goiás situado na Avenida Universitária, Número 1488, Campus Colemar Natal e Silva, Goiânia, Goiás, Brasil, e é apresentado na Figura 21.



Figura 21: Centro de aulas da escola de engenharias.

#### 4.1.2 Avaliação Geral Envolvória – PBE Edifica

O volume existente entre o reservatório superior e laje de cobertura do último pavimento configura um fato incomum e que resultou em várias consultas entre os consultores e a OIA. Isso porque esse volume não possui ambientes de ocupação permanentes ou transitórias e tampouco é uma área técnica. Esse espaço corresponde a dois andares que não foram edificados entre a laje de cobertura do 3º pavimento e a laje técnica e casa de máquinas conforme apresentado na Figura 22.



Figura 22: Volume da edificação entre a laje técnica e a laje de cobertura.

Como esse espaço não tem nenhuma função e trata-se de um volume perdido, foram realizados questionamentos ao OIA quanto à sua consideração para o cálculo dos parâmetros de análises do processo e a resposta para esse caso particular é desconsiderar o volume para o cálculo do volume total ( $V_{tot}$ ) e desconsiderar esse espaço ocioso para a área total ( $A_{tot}$ ). Nesta concepção, a Tabela 15 apresenta os valores de Área dos pavimentos e Volume da edificação.

Tabela 15: Áreas e volumes.

ANDAR	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PÉ DIREITO (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )
Térreo	937,16	3,35	3.139,49
1º pavimento	872,64	3,35	2.923,34
2º pavimento	860,64	3,35	2.883,14
3º pavimento	860,64	3,35	2.883,14
Total	3.531,08	-	11.788,92

Para a definição dos demais itens de avaliação (cobertura e fachada) é necessário considerar o espaço entre a laje técnica e a cobertura. A Figura 23 apresenta, a partir de simulação realizada no *Google SketchUp*, versão 7.1.6860, a representação ilustrativa da edificação.

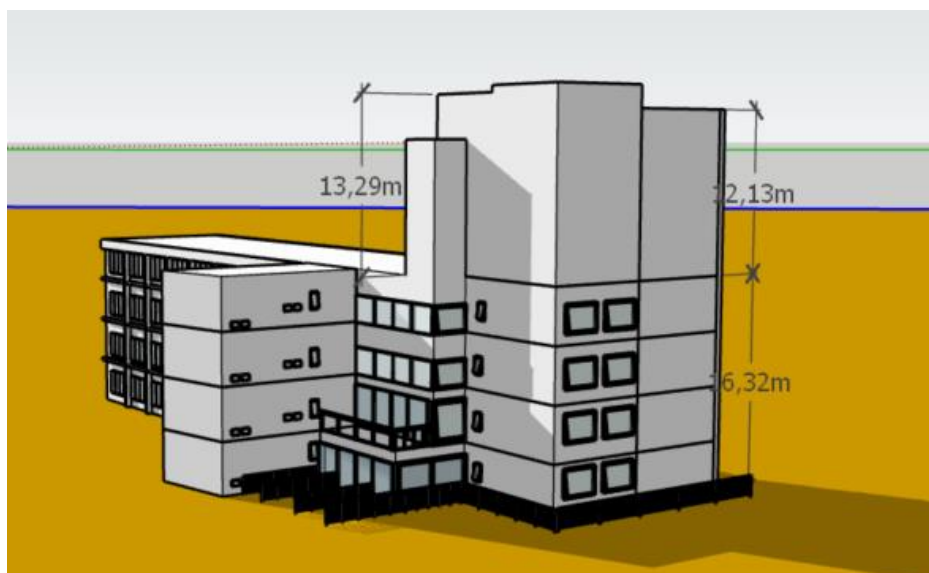


Figura 23: Modelo da edificação elaborado a partir do *Google SketchUp*.

As janelas do Centro de Aulas “E” da Escola de Engenharias voltadas para o Norte geográfico, com Azimute<sup>13</sup> de 354°, possuem proteção solar paralela a fachada (*brise-soleils*) para controlar a incidência de raios solares no interior da edificação conforme Figura 24.



Figura 24: *Brise-soleils* na Fachada Norte.

Os *brise-soleils* existentes são incompatíveis com as especificações do PBE-Edifica para proteções solares. Os *brise-soleils* móveis instalados não possuem proteção horizontal na parte superior. Cabe mencionar que, mesmo quando fechados são ineficientes, permitindo a passagem de luz solar pelo espaço entre a aba superior e o vão da janela (Figura 25).

---

<sup>13</sup> Azimute é o ângulo medido no plano horizontal entre o meridiano do lugar do observador e o plano vertical que contém o ponto observado.



Figura 25: Raios solares passando pelo vão superior dos *brise-soleils*.

A fachada Oeste possui poucas aberturas e entre as aberturas existentes são utilizados tijolos de vidros (Figura 26).



Figura 26: Aberturas em tijolos de vidro na fachada Oeste.

A envoltória do reservatório superior e da área técnica (Figura 27), é constituída por revestimento cerâmico constituído de Pastilha Cerâmica da marca Atlas, série metalo 4x4cm, cor azul anil.



Figura 27: Revestimento cerâmico.

Em síntese a avaliação inicial do PBE Edifica indica que a edificação possui a documentação necessária para o processo de etiquetagem, entretanto as características da construção comprometem o alcance do nível “A” em eficiência energética em função das cores aplicadas na envoltória.

#### **4.1.3 Pré-diagnóstico Condicionamento de Ar – PBE Edifica**

O sistema de condicionamento de ar do centro de aulas das engenharias da UFG é do tipo *Variable Refrigerant Flow* (VRF) e atende a uma área de 1.722,27m<sup>2</sup>. Possui sistemas de distribuição de central *Multi Split*, compostos por unidade externa ou módulos externos ligados a múltiplas unidades internas; sendo elas do tipo duto, *high wall*, cassete ou piso teto.

O sistema do centro de aulas das engenharias é atendido por duas condensadoras do fabricante LG, e os demais são fabricados pela HITACHI. A Figura 28 apresenta imagens dos equipamentos.





(a) Condensadora LG modelo BRUV160LTS4



(b) Condensadora HITACHI modelo RAS12FSNH7B

Figura 28: Condensadoras utilizadas no sistema de condicionamento de Ar.

As unidades internas são distribuídas através de dutos de 80 x 60 conforme Figura 29. Os gabinetes de ventilação instalados são do fabricante *Berliner Luft*, conforme Figura 30.



Figura 29: Imagem do duto de 80 x 60 cm.



Figura 30: Gabinete de ventilação *Berliner Luft* aéreo.

A Figura 31 apresenta a imagem da parte aparente da tubulação dos fluidos.



Figura 31: Tubulação dos fluidos.

A avaliação do pré-diagnóstico do PBE Edifica mostrou que a tubulação não possui a espessura mínima de isolamento térmico conforme exigido pelos RTQ-C e apresentados no item 2.3.7 e na Tabela 9 deste estudo. Outro aspecto não atendido consiste na inexistência de proteções mecânicas para as partes expostas das tubulações.

#### 4.1.4 Pré-diagnóstico Iluminação – PBE Edifica

O sistema de iluminação do Centro de Aulas das Engenharias atende a uma área de 3.269,67m<sup>2</sup> e possui instaladas 861 lâmpadas, a maioria do tipo fluorescentes, conforme apresentado no Anexo I e na Figura 32.

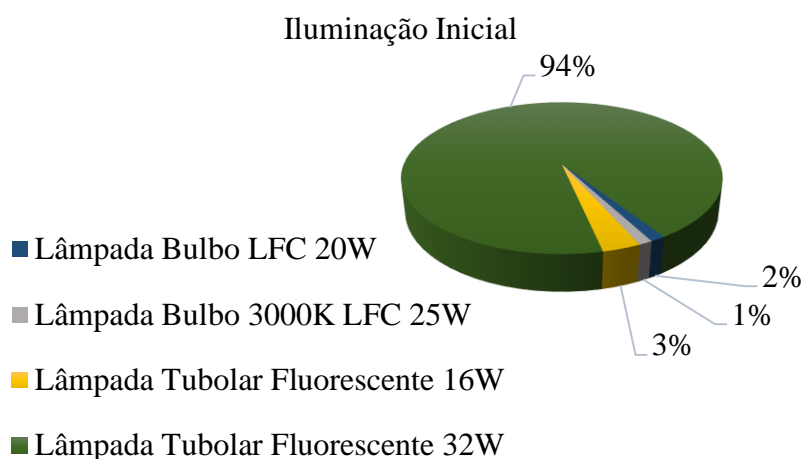


Figura 32: Tipologia de lâmpadas UFG.

O pré-requisito de divisão dos circuitos de iluminação não é atendido na maioria dos ambientes da edificação. A Figura 33 apresenta imagem de uma sala de aula do edifício.

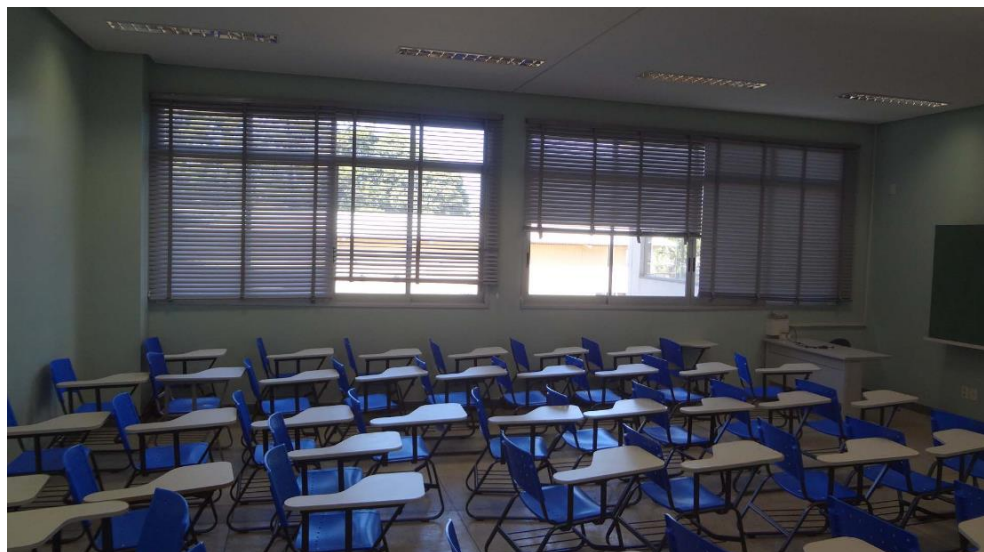


Figura 33: Iluminação da sala de aula.

#### **4.1.5 Bonificação (Geração Solar Fotovoltaica) - PBE Edifica**

Como bonificação no processo de etiquetagem, é proposta a implementação de um sistema de fonte incentivada através da implantação de uma usina fotovoltaica como fonte de geração de energia elétrica. O sistema é dimensionado respeitando as dimensões do espaço disponível na cobertura do centro de aulas das engenharias da UFG, e perfil de consumo.

O projeto é dimensionado com todas as proteções necessárias para o funcionamento da usina fotovoltaica e é executado seguindo os seguintes passos:

- a) análise da fatura de energia do cliente (este procedimento será repetido após a efficientização energética);
- b) desenvolvimento do projeto executivo (desenhos, memoriais, relatórios, entre outros) da usina solar fotovoltaica, considerando o perfil de consumo da unidade consumidora;
- c) homologação do projeto executivo, junto à concessionária de distribuição de energia, visando parecer de acesso;
- d) após aprovação do projeto, é realizada a execução do projeto;
- e) solicitação e vistoria da concessionária para troca do medidor de energia;
- f) autorização para entrada de operação.



É importante destacar que a edificação não possui sistema de racionamento de água, sistema de aquecimento solar (não possui chuveiros), geração eólica de energia elétrica e elevadores eficientes. No entanto, apenas a implementação do sistema de geração fotovoltaico já garante a pontuação máxima para bonificações de 1 (um) ponto.

#### 4.1.6 Considerações do Pré-diagnóstico - PBE Edifica

A avaliação realizada através do pré-diagnóstico do PBE Edifica aponta que apesar de se tratar de uma edificação com condições favoráveis para etiquetagem, uma vez que possui as evidências construtivas necessárias ao processo, os itens de avaliação do RTQ-C são passíveis de melhorias a partir da implementação de ações de eficiência energética.

Desta forma, é indicado a implementação de projeto através do PEE para o melhoramento do nível de eficiência energética do uso final de energia iluminação, como também a implementação de uma usina fotovoltaica de geração de energia elétrica.

Na sequência é apresentado o projeto de eficiência energética formatado e as ponderações acerca dos itens avaliados no PBE Edifica não contemplados no projeto de eficiência energética proposto.

## 4.2 PROJETO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (PEE)

O Centro de Aulas “E” das Engenharias da UFG, Figura 34, é atendido em 13,8 kV, sistema tarifário Grupo A4 Tarifa Horosazonal (THS) verde e horário de funcionamento matutino, vespertino e noturno com horário de ponta das 18h. às 21h.

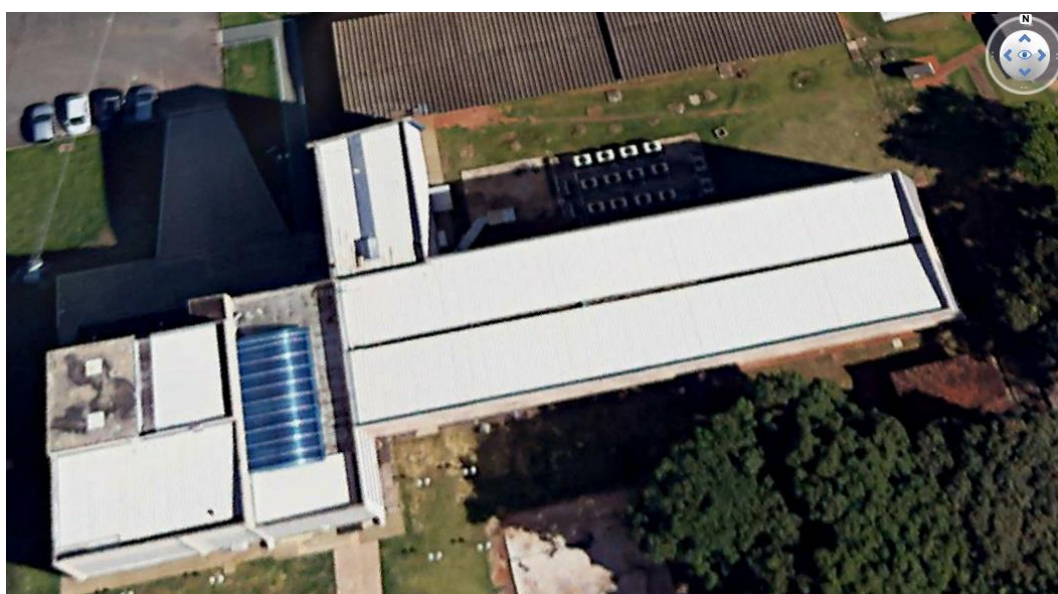


Figura 34: Centro de Aulas das Engenharias – Imagem Google Earth.

A Universidade Federal de Goiás, de acordo com as diretrizes estabelecidas pela ANEEL, é uma instituição que se enquadra na classe de consumo Poder Público. Para este tipo de consumidor os PROPEE (ANEEL, 2018a) permitem financiamento com contratação a fundo perdido, conforme apresentado no Quadro 1, ou seja, não há necessidade de devolução do valor financiado.

#### **4.2.1 Condicionamento de Ar**

A partir do diagnóstico realizado através do PBE Edifica verifica-se que o campus já possui um sistema eficiente de condicionamento de ar composto por:

- a) compressores Multi V da LG, com a utilização de sistemas com rotação variável Inverter, em que as válvulas ajustam o fluxo de refrigerante, distribuindo-o através de ramificações que passam apenas uma vez pela serpentina ou unindo o fluxo num único ramal que cruza toda a área da serpentina, garantindo que a trajetória mais eficiente seja sempre atingida;
- b) Compressores HITACHI FSNHB da linha *Set Free Eco Flex High Efficiency* com Controle Múltiplo de Capacidade, em que o volume de refrigerante adequado é constantemente controlado, de acordo com o número de unidades internas em operação.

Nesta configuração, não é possível a implementação de um projeto de eficiência energética através do PEE em função do sistema já ser eficiente energeticamente. Atualmente com a tecnologia existente as possibilidades de ações não proporcionam ganhos energéticos através da metodologia de avaliação do PEE.

#### **4.2.2 Envoltória**

Apesar da envoltória ser um item obrigatório de análise no processo de etiquetagem em edificações através do PBE Edifica, a implementação de intervenções de melhoria em envoltória através do PEE é uma opção delicada quanto aplicação. Isso porque os PROPEE exigem, conforme descrito na seção 2.3 deste trabalho, que as ações sejam desenvolvidas em usos finais de energia elétrica envolvendo troca e/ou melhoramento do desempenho energético de equipamentos e sistemas de uso de energia.

Neste sentido, só é possível a realização de intervenções na envoltória através do PEE mediante a proporcionalização dos ganhos energéticos a algum uso final de energia. Por exemplo, relacionando os ganhos energéticos proporcionados pelo controle do incremento de carga térmica ao sistema de condicionamento de ar.

A avaliação da edificação aponta inviabilidade para a implementação de projeto do PEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que o edifício já possui um sistema eficiente, não é possível proporcionalizar os ganhos das ações em envoltória para este uso final.

Entretanto, mesmo havendo a possibilidade de relacionar os ganhos das ações em envoltória a algum uso final de energia, é importante destacar os riscos da realização desta ação. Os projetos executados através do PEE são submetidos ao agente regulador do programa (ANEEL) e o não atendimento as diretrizes de exigências do programa incorrem em glosa dos recursos investidos pela distribuidora de energia responsável pela execução do projeto, ou seja, para evitar tal penalidade as ações em envoltória devem estar subsidiadas de um plano de M&V capaz de assegurar os ganhos de eficiência energética ao uso final de energia relacionado.

### 4.2.3 Iluminação

O projeto para o sistema de iluminação visa contemplar a efficientização do sistema de iluminação a partir da realização de *retrofit* através de equivalência luminotécnica, com a substituição tecnológica direta do conjunto lâmpada e reatores por modelos mais eficientes com tecnologia LED. Os sistemas mais modernos conseguem produzir a mesma quantidade de luz utilizando menos energia. Seguindo esta metodologia é proposta a substituição do sistema antigo com lâmpadas fluorescentes compactas pelo sistema novo utilizando lâmpadas LED.

A Tabela 16 apresenta o *retrofit* indicado para o sistema de iluminação da edificação.

Tabela 16: Equivalência de produtos para o sistema de iluminação.

ILUMINAÇÃO EXISTENTE				ILUMINAÇÃO PROPOSTA			
Equipamento	Quant. (Un.)	Potência (W)	Fluxo Lum. (lm)	Equipamento	Quant. (Un.)	Potência (W)	Fluxo Lum. (lm)
Tubular Fluorescente + Reator	810	34,8	2.200	Tubular LED	810	18,0	2.200
Tubular Fluorescente + Reator	28	17,8	1.050	Tubular LED	28	9,0	1.000
Bulbo LFC	11	25,0	1.180	Bulbo LED	11	12,0	1.311
Bulbo LFC	10	20,0	1.180	Bulbo LED	10	12,0	1.311
Tubular Fluorescente + Reator	2	25,0	1.060	Tubular LED	2	9,0	1.000
Total	861	-	-	Total	861	-	-

Para a estimativa do número de horas por ano de funcionamento do sistema de iluminação, considera-se 12 horas de funcionamento por dia com 220 dias por ano, definido através do calendário letivo, totalizando 2.640 horas por ano. As salas que necessitem de redistribuição no

acionamento das luminárias através do interruptor, devem receber tais ajustes durante a execução do projeto do PEE, visando atendimento ao pré-requisito contribuição da luz natural conforme item (2.2.2.3).

A partir do valor unitário de cada lâmpada é possível chegar ao valor total do sistema, conforme mostrado na Tabela 17. A vida útil é determinada pela vida em horas indicadas pelo fabricante e a projeção através da estimativa de uso diário da lâmpada.

Tabela 17: Custo dos materiais para iluminação.

CUSTO DOS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA PROPOSTO						
Equipamento	Potência (W)	Vida Util (anos)	Quant. (Un.)	Marca	Valor Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Lâmp. Tub. LED	18,0	9,5	810	PHILIPS	19,96	16.167,60
Lâmp. Tub. LED	9,0	9,5	28	Alper	10,00	280,00
Lâmp. Bulbo LED	12,0	9,5	11	FLC	16,30	179,30
Lâmp. Bulbo LED	12,0	9,5	10	FLC	16,30	163,00
Lâmp. Tub. LED	9,0	9,5	2	Ledvance	10,00	20,00
Acessórios	0,0	20,0	1	Diversos	800,00	800,00
Total	-	-	862	-	-	R\$17.609,90

Na Tabela 18 estão apresentados os custos da mão de obra para a implementação do *retrofit* no sistema de iluminação.

Tabela 18: Custo da mão de obra para iluminação.

MÃO DE OBRA				
Mão de Obra de Terceiro	Quant.	Horas	Valor da hora	Custo total (R\$)
<i>Retrofit</i> e Adeq. do Sist.	869	86,9	230	19.987,00
Relatório Final	1	10	280	2.800,00
Relatório de M&V	1	10	280	2.800,00
Total - Mão de obra				R\$25.587,00

A Tabela 19 apresenta os custos gerais estimados ao sistema proposto para a iluminação.

Tabela 19: Custos gerais do sistema de iluminação.

CUSTOS (R\$)	
Materiais e equipamentos	17.609,90
Elaboração do projeto (pré-diagnóstico e diagnóstico)	872,98
Mão de obra de terceiros	25.587,00
Transporte	141,38
Marketing (divulgação)	1.413,75
Descarte de materiais	906,00
Medição e verificação	5.300,00
Treinamento e capacitação	290,99
Outros custos indiretos	1.413,75
<b>TOTAL</b>	<b>53.535,75</b>

O custo referente a “outros custos indiretos” corresponde a atendimento ao edital que exige 5% (cinco por cento) do custo total dos recursos da proposta do projeto. Os custos são destinados às ações relacionadas ao projeto, conduzidas pela concessionária a seu critério.

O Custo Unitário Evitado de Demanda (CED) e o Custo Unitário da Energia Economizada (CEE) são calculados, a partir das definições divulgadas através de resoluções anuais. Neste projeto é utilizada a resolução número 2.377 da ANEEL de 16 de outubro de 2018, em que o CEE fica definido em 381,82 R\$/MWh, o CED em 647,94 R\$/kW.ano e o Fator de Carga (FC) igual a 70%.

A Energia Economizada (EE) em MWh/ano e a Redução de Demanda na Ponta (RDP) em kW são obtidas a partir dos parâmetros descritos nas tabelas: Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22.

Tabela 20: Parâmetros para o cálculo da energia economizada e demanda retirada na ponta pelo sistema de iluminação atual.

SISTEMA ATUAL							
Descrição	Pot. (W)	Qt.	Demanda (kW)	FCP	Demanda na Ponta (kW)	Funcionamento	Consumo (kWh/ano)
						(horas/ano)	
Lâmpada tubular FT	20	21	0,42	0,83	0,35	2.640	1.109
Lâmpada tubular FT	32	810	25,92	0,83	21,6	2.640	68.429
lâmpada bulbo LFC	20	9	0,18	0,83	0,15	2.640	475
<b>Total</b>		<b>840</b>	<b>26,52</b>		<b>22,1</b>		<b>70.012,80</b>

Tabela 21: Parâmetros para o cálculo da energia economizada e demanda retirada na ponta pelo sistema de iluminação proposto.

SISTEMA PROPOSTO							
Descrição	Pot.	Qt.	Demanda (kW)	FCP	Demanda na Ponta (kW)	Func.	Consumo (kWh/ano)
	(W)					(horas/ano)	
Lâmpada tubular LED	12	21	0,25	0,83	0,21	2.160	665
Lâmpada tubular LED	18	810	14,58	0,83	12,15	2.160	38.490
Lâmpada bulbo LED	9	9	0,08	0,83	0,07	4.320	210
Total		840	14,91		12,43		39.365,28

Tabela 22: Resultados iluminação.

USO FINAL ILUMINAÇÃO	RESULTADO
EE - Energia Economizada (MWh/ano)	30,65
RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW)	9,72
CAT - Custo Anualizado (R\$)	4.566,50
BA - Benefício Anualizado (R\$)	17.999,62
RCB - Iluminação	0,25

Desta forma, o projeto proposto para o sistema de iluminação consegue uma Energia Economizada de 30,651 MWh/ano e a Redução de Demanda na Ponta de 9,72 kW obtidas com a melhoria da eficiência energética do sistema proposto, bem como o resultado da RCB de 0,25 do sistema de iluminação evidencia o potencial de eficiência energética que o sistema oferece. O Custo Anualizado de R\$4.566,50 é bem inferior ao Benefício Anualizado de R\$ 17.999,25 sinalizando que vale a pena investir na efficientização do sistema.

#### 4.2.3.1 Plano de M&V - Iluminação

O plano de Medição e Verificação para o sistema de iluminação segue o Volume I do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP (EVO, 2011) para as determinações das economias.

- a) **CONSUMO DE ENERGIA:** A medição do consumo de energia segue a opção A em que a fronteira de medição é isolada apenas na ação de eficiência energética. A economia na opção A, de acordo com PIMVP é determinada por medições no campo dos parâmetros-chave e os parâmetros não selecionados para medição no campo são estimados;
- b) **REDUÇÃO DE DEMANDA NA PONTA:** A determinação da redução de demanda na ponta segue a Opção A com medição isolada de parâmetros chave;

- c) VARIÁVEIS INDEPENDENTES: Não são identificadas variáveis independentes;
- d) FATOR ESTÁTICO: é identificado o tempo de utilização dos equipamentos de iluminação;
- e) FRONTEIRA DE MEDIÇÃO: A fronteira de medição é o circuito de alimentação de luminárias, conforme amostragem abaixo apresentada. Caso seja inviável a realização de medições diretamente nos circuitos das lâmpadas ou reatores instalados, por questões operacionais ou de segurança, as medições serão realizadas em bancada;
- f) EFEITOS INTERATIVOS: Não são identificados efeitos interativos;
- g) AMOSTRA: A amostra para medição é realizada aleatoriamente dentro do universo de cada tipo de equipamento, conforme metodologia apresentada no PIMVP. A Tabela 23 apresenta o quantitativo da amostragem a ser medido a partir do universo do sistema de iluminação determinados conforme as expressões (2.33) e (2.34);

Tabela 23: Amostragem iluminação.

MEDIÇÃO INICIAL	UNIVERSO	AMOSTRAGEM
Lampada tubular LED 9W	30	23
Lampada bulbo LED 12w	21	17
Lampada tubular LED 18W	810	86

- h) PERÍODO DE MEDIÇÃO: as medições de potência serão instantâneas e realizadas após estabilização do fluxo luminoso da lâmpada. O tempo de funcionamento será estimado por entrevistas junto aos usuários e equipes técnicas do consumidor, tendo em vista adoção da Opção A.

#### 4.2.4 Fonte Incentivada (Geração Solar Fotovoltaica) - PEE

A implementação da usina de geração fotovoltaica é possível uma vez que o diagnóstico energético evidencia que os demais usos finais já são eficientes<sup>14</sup>. O sistema é dimensionado respeitando as limitações proporcionadas pelas dimensões do espaço disponível na cobertura do centro de aulas das engenharias da UFG.

Os módulos fotovoltaicos utilizados são de 330Wp, em um sistema com 156 placas sendo cada uma com dimensão de 0,992 x 1,98m e distribuídas em uma área de 302,64m<sup>2</sup>. O

<sup>14</sup> Os PROPEE exigem que todos os usos finais sejam eficientes para a implementação de sistema com fonte incentivada.

sistema possui 2 inversores <sup>15</sup> que juntos alcançam uma potência nominal 50 kW com capacidade anual de geração<sup>16</sup> de 68,40 MWh.

O sistema é conectado à rede de alimentação Baixa Tensão (BT) com tensão de fornecimento entre fase e neutro de 220 V. A Tabela 24 apresenta a vida útil e os custos dos materiais e a Tabela 25 apresenta os custos gerais do sistema proposto.

Tabela 24: Vida útil e custos do sistema fotovoltaico.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	VIDA ÚTIL	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO
Módulo Fotovoltaico 330Wp	25	156	R\$ 936,11
Inversores 25kW	25	2	R\$ 18.907,61
Adaptadores - Estruturas de Fixação	20	1	R\$ 18.298,73
CUSTO TOTAL DOS MATERIAIS			R\$ 202.147,27

Tabela 25: Custos gerais do sistema fotovoltaico.

CUSTOS (R\$)	
Materiais e equipamentos	202.147,27
Elaboração do projeto (pré-diagnóstico e diagnóstico)	10.978,45
Mão de obra de instalação.	55.000,00
Transporte	1.670,02
Marketing (divulgação)	16.700,23
Medição e verificação	3.000,00
Treinamento e capacitação	3.659,48
Outros custos indiretos	16.700,23
<b>TOTAL</b>	<b>309.855,70</b>

Utilizando o Custo da Energia Economizada fora ponta ( $CEE_{fp}$ ) de 502,79 R\$/MWh com base na fatura paga pela unidade consumidora, o sistema é capaz de alcançar os seguintes resultados: A Energia Economizada (EE) em MWh/ano é a própria geração média anual da usina fotovoltaica, 25,28 MWh. Já a Redução de Demanda na Ponta (RDP) em kW é nula, pois

<sup>15</sup> Inversor é o equipamento que sincroniza a energia gerada com o padrão da rede pública e controla a conexão do sistema.

<sup>16</sup> Considerando o tempo de funcionamento de 5,2 horas por dia em função das características de incidência solar do local.



não há geração de energia elétrica durante o horário de ponta (19h à 21h). A Tabela 26 apresenta os resultados do sistema proposto para a fonte incentivada.

Tabela 26: Resultados do sistema fotovoltaico.

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	RESULTADOS
EE - Energia Economizada (MWh/ano)	68,40
RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW)	0,00
CAT - Custo Anualizado (R\$)	32.598,68
BA - Benefício Anualizado (R\$)	35.289,77
RCB - Fotovoltaico	0,92

Desta forma, o projeto proposto para o sistema de geração fotovoltaico atinge um Custo Anualizado de R\$32.598,68 que é inferior ao Benefício Anualizado de R\$35.289,77. Nesta proporção chega-se ao resultado da RCB de 0,92 para o sistema fotovoltaico o que já evidencia viabilidade na ótica do PEE em que o limite da RCB é de 1, no entanto é necessário aguardar o resultado da RCB global do projeto para avaliar a viabilidade do projeto.

#### 4.2.4.1 Plano de M&V – Sistema Fotovoltaico

O plano de M&V do sistema de geração fotovoltaica foi elaborado conforme diretrizes apresentadas no item 2.3.11, desta forma, a medição do consumo de energia segue a opção B com medição isolada de todos os parâmetros. O processo terá a seguinte definição de parâmetros:

- a) o consumo de energia é medido através do sistema de medição online instalado junto ao inversor;
- b) a demanda na ponta não é considerada;
- c) pela natureza da medida, não são consideradas medições para a linha de base;
- d) as variáveis independentes consideradas são a radiação solar e temperatura
- e) não são identificados fatores estáticos;
- f) a fronteira de medição é o circuito de conexão do sistema de geração à instalação do consumidor;
- g) não são identificados fatores interativos;
- h) não é aplicável amostragem (medição integral);
- i) as medições são realizadas por um período de até um ano.

A referida proposta de Medição e Verificação deve ser executada por empresa que possua a Certificação CMVP-EVO.

#### **4.2.5 Marketing e Divulgação**

As ações de marketing devem ser realizadas com o intuito de propiciar ampla divulgação do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, da Chamada Pública de Projetos e multiplicação das ações de combate ao desperdício de energia.

Neste sentido, é elaborada e instalada em local de grande circulação, uma placa informativa de obra com as principais informações do projeto, como o objetivo, valor investido no projeto, previsão de energia economizada e redução de demanda na ponta, prazo de execução.

Devem ser confeccionados folders orientativos sobre o uso racional de energia elétrica e das principais ações realizadas no cliente, além de adesivos para serem utilizados em interruptores, próximo aos equipamentos de iluminação e de condicionamento de ar conscientizando os sobre o uso racional de energia elétrica.

#### **4.2.6 Treinamento e Capacitação**

Deve ser desenvolvida a aplicação de um treinamento para a capacitação das pessoas que frequentam a edificação, referentes ao uso e operação do sistema quanto a:

- a) capacidade a entender os conceitos básicos de iluminação vinculando ao uso eficiente da energia elétrica;
- b) promoção e a sensibilização no uso eficiente e seguro da energia elétrica de forma que contribuam para mudanças de hábitos e comportamentos;
- c) capacidade de disseminar os conceitos básicos de uso eficiente e seguro de energia elétrica;
- d) divulgar, de maneira abrangente, o uso eficiente e com segurança de energia elétrica e promover o uso de equipamentos eficientes.

#### **4.2.7 Resultado Global do Projeto**

Por se tratar de um projeto que contempla ações no uso final iluminação e em fonte incentivada através da geração fotovoltaica, é necessário avaliar o resultado global do projeto, considerando as somas dos custos, benefícios e ponderando cada RCB individual com a energia economizada no respectivo sistema.

Somando todos os custos, o projeto tem o valor total de R\$376.033,71(Tabela 27).

Tabela 27: Custos Gerais do Projeto.

CUSTOS (R\$)	
Materiais e equipamentos	230.757,17
Elaboração do projeto (pré-diagnóstico e diagnóstico)	12.000,00
Mão de obra de terceiros	80.587,00
Transporte	1.880,17
Marketing (divulgação)	18.801,69
Descarte de materiais	906,00
Medição & verificação	8.300,00
Treinamento e capacitação	4.000,00
Outros custos indiretos	18.801,69
<b>TOTAL</b>	<b>376.033,71</b>

A Tabela 28 apresenta o resultado global do projeto considerando as ações implementadas.

Tabela 28: Resultado Global do Projeto.

RESULTADO GLOBAL	
EE - Energia Economizada (MWh/ano)	99,04
RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW)	9,72
CAT - Custo Anualizado (R\$)	37.165,18
BA - Benefício Anualizado (R\$)	53.289,34
RCB - Geral do Projeto	0,70

A RCB global do projeto, consideradas as somas dos custos e benefícios de todos os sistemas é de 0,70 e deve ser inferior a 1,0, limite máximo aceitável para projetos com fonte incentivada. Portanto, o projeto proposto neste trabalho é considerado viável no âmbito do Programa de Eficiência Energética da ANEEL.

#### 4.2.8 Análise de Viabilidade Econômica Conforme PEE

Conforme descrito no 2.3 a RCB é o principal critério de avaliação econômica de viabilidade de um projeto do PEE e deve ser igual ou inferior a **0,8** (oito décimos). No caso dos Contratos de Desempenho Energético, que contemplam compromissos de pagamentos futuros, admite-se RCB menor ou igual a **0,9** (nove décimos). Para projetos com Fontes Incentivadas, devido as tarifas e enquadramento diferenciados, a título de incentivo, admite-se RCB menor ou igual a **1,0** (um).

Com **0,70** da RCB o projeto é viável por não extrapolar o índice máximo aceitável de **1,0**. Entretanto, é importante destacar que as propostas de projetos submetidos as CPPs são pontuadas e selecionados até o limite dos recursos orçamentários disponibilizados na CPP.

Desta forma, é interessante melhorar a RCB do projeto para torná-lo mais competitivo. Assim, a contrapartida é um importante instrumento para viabilização de projetos. A Figura 35 apresenta uma simulação dos índices de RCB relacionados a valores de contrapartida, em R\$, conforme o projeto proposto neste estudo.

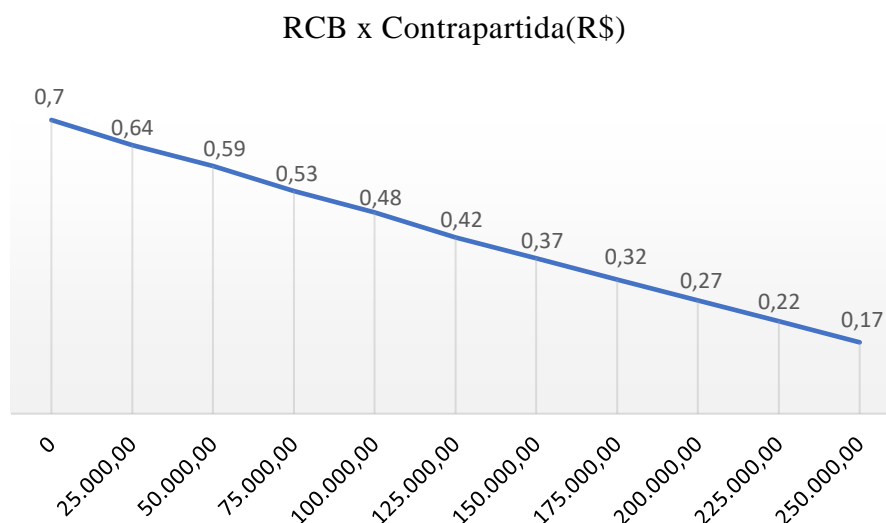


Figura 35: Relação entre contrapartida e RCB.

O resultado da simulação evidencia que a contrapartida é um instrumento importante para a viabilidade e competitividade de projetos. Trata-se de um aporte de recursos, muitas vezes necessário, para que o projeto de eficiência energética proposto na CPP consiga êxito na classificação dentro dos contemplados para execução conforme o limite de verba destinado pela concessionária de energia.

É importante destacar que além de promover melhora na RCB do projeto, ainda proporciona pontuação conforme item “G” dos Critérios de pontuação de classificação das propostas apresentados na Tabela 13.

### 4.3 ETIQUETAGEM PBE EDIFICA

Após a implementação do projeto de eficiência energética, realizado a partir do PEE, se tem um novo cenário de eficiência energética da edificação. Nos próximos itens deste capítulo são apresentados os resultados da avaliação do nível de eficiência energética da edificação, realizados conforme diretrizes do PBE Edifica, considerando os ganhos proporcionados pelas ações de eficiência energética implementadas na edificação.

### 4.3.1 Pré-requisitos Gerais

Conforme a metodologia proposta, o primeiro passo de avaliação para obtenção da classificação do nível de eficiência energética da edificação consiste em observar o atendimento aos pré-requisitos gerais do PBE Edifica, apresentados no item 2.2.2.1. Neste sentido, para este estudo de caso, a verificação dos pré-requisitos gerais apresenta o seguinte resultado:

- o edifício possui circuitos elétricos separados por uso final de forma que este pré-requisito é devidamente atendido;
- como não existe demanda de água aquecida, a edificação é isenta da obrigatoriedade de possuir sistema de aquecimento de água eficiente.

### 4.3.2 Envoltória – PBE Edifica

A avaliação da envoltória leva em conta os dados levantados, conforme apresentado no item 2.2.2. Estes dados levantados são aplicados nas expressões apresentadas no item 2.2.2.2 de forma a proporcionar as informações necessárias para mensurar do nível de eficiência energética da envoltória.

#### 4.3.2.1 Paredes

As paredes externas são constituídas de blocos cerâmicos com 9cm de largura, 14 cm de altura e 24cm de comprimento, argamassa de assentamento com aproximadamente 1,5cm, argamassa interna e externa de 2,5cm. A Figura 36 apresenta a composição das paredes externas.

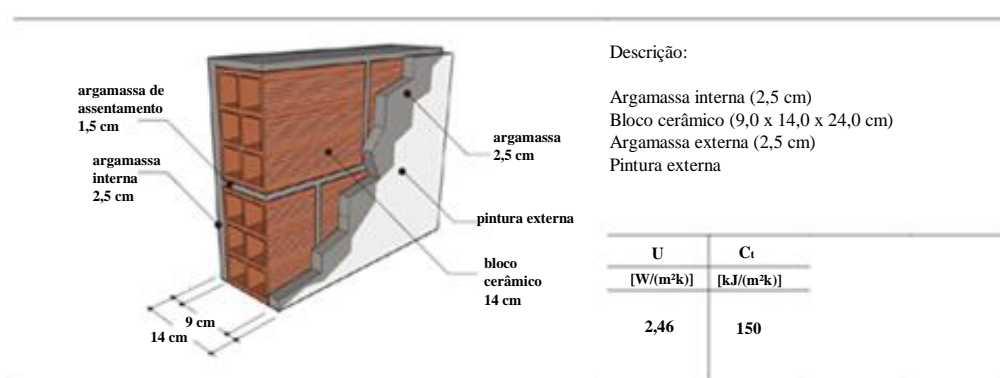


Figura 36: Composição construtiva das paredes externas.





Como todo o edifício possui a mesma composição construtiva nas paredes externas, o valor final da transmitância térmica (U) das paredes é de 2,46, conforme demonstra a Tabela 29.

Tabela 29: Transmitância das paredes.

FACHADAS	AREA (m <sup>2</sup> )	PONDERAÇÃO	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (W/M <sup>2</sup> k)	RESULTADO
Total fachada Norte	931,01	0,29	2,46	0,70
Total fachada Sul	892,33	0,27	2,46	0,67
Total fachada Leste	717,67	0,22	2,46	0,54
Total fachada Oeste	725,53	0,22	2,46	0,55
TOTAL	3.266,54	1	-	2,46

As paredes externas são revestidas com tinta acrílica fosca ou blocos cerâmicos. A Tabela 30 apresenta os materiais empregados e os seus respectivos índices de absorvâncias.

Tabela 30: Materiais e Absorvâncias das paredes.

PAREDES EXTERNAS		
Material	Cor	Absorvância ( $\alpha$ )
Tinta acrílica fosca	Areia 	44,9
Tinta acrílica fosca	Branco 	15,8
Tinta acrílica fosca	Azul Bali 	48,9
Pastilha cerâmica	Azul Anil 	79,9

Os próximos itens deste capítulo continuam mostrando os resultados do estudo de caso realizado e em paralelo são apresentados os resultados de simulações realizadas a partir do programa “Luz do Sol”, *software* desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O Luz do Sol é um *software* utilizado para avaliar os ângulos de projeções de sombreamentos em aberturas de fachadas. O ângulo  $\alpha$  apresenta a projeção de sombreamento para proteção superior, o ângulo  $\beta$  para proteção lateral e o ângulo  $\gamma$  para proteção frontal.

Como neste estudo a proteção das aberturas os “*brise-soleils*” não foram considerados em função do não atendimento aos pré-requisitos, conforme apresentado no capítulo (4.1.2), a simulação apresentada é realizada visando relacionar a Carta Solar<sup>17</sup> de Goiânia, com as linhas de exposição do campo de abertura de cada fachada da edificação. Não se trata de uma exigência do processo de avaliação da edificação, mas sim de uma avaliação da exposição solar de cada fachada visando subsidiar a análise crítica proposta deste estudo.

<sup>17</sup> Carta Solar é uma representação gráfica dos percursos aparentes do sol na abóbada celeste ao longo do dia em diferentes épocas do ano.

### 4.3.2.2 Fachada Sul

A Figura 37 apresenta a imagem do projeto arquitetônico da fachada Sul.

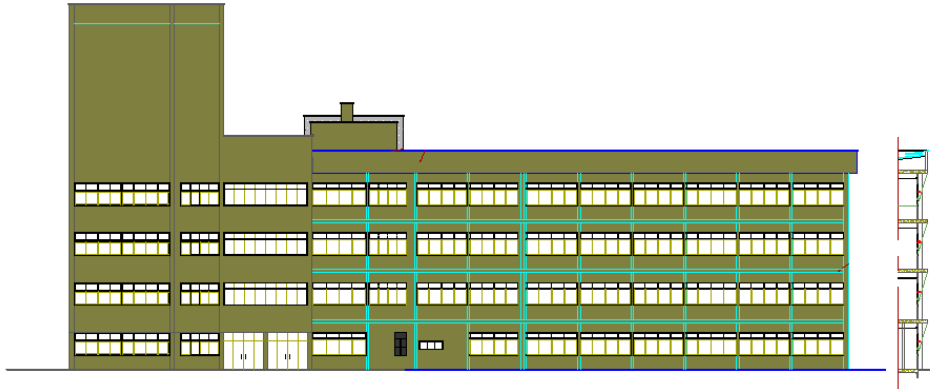


Figura 37: Imagem projeto arquitetônico fachada Sul em *Autocad*.

A Tabela 31 apresenta os valores de área levantados da fachada Sul da edificação.

Tabela 31: Valores das áreas da fachada Sul

Área Total Opaca Fachada Sul (m <sup>2</sup> )	892,33
Área Aberturas (m <sup>2</sup> )	360,07
Área Total (m <sup>2</sup> )	1.252,40

A Figura 38 mostra a carta solar da fachada Sul com azimute 174°.

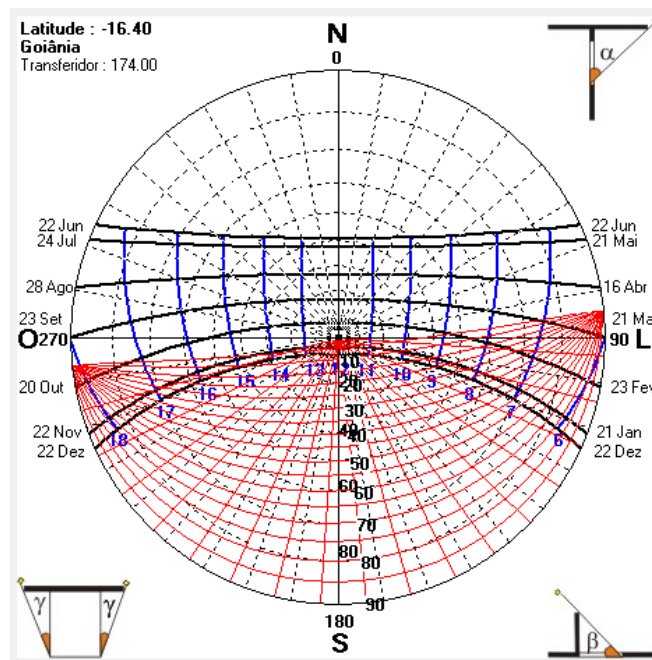


Figura 38: Carta Solar fachada Sul (Azimute 174°).

As linhas vermelhas, constantes na carta solar exibem o campo de abertura da fachada Sul (Azimute 174°), que quando projetadas sobre as linhas do movimento solar observa-se, através dos pontos de interseção, que a fachada Sul recebe baixa incidência solar durante a maior parte do ano, chegando a ficar sem incidência solar em todo período compreendido entre o final do mês de março ao início do mês de outubro.

A Tabela 32 apresenta os valores de absorvâncias e as áreas de abrangência na fachada Sul da edificação.

Tabela 32: Absortância e área correspondente - fachada Sul.

FACHADA SUL	
MATERIAL	PINTURA AREIA
Absortância	44,9
Área (m <sup>2</sup> )	892,33

#### 4.3.2.3 Fachada Norte

A Figura 39 apresenta a imagem do projeto arquitetônico da fachada Norte.

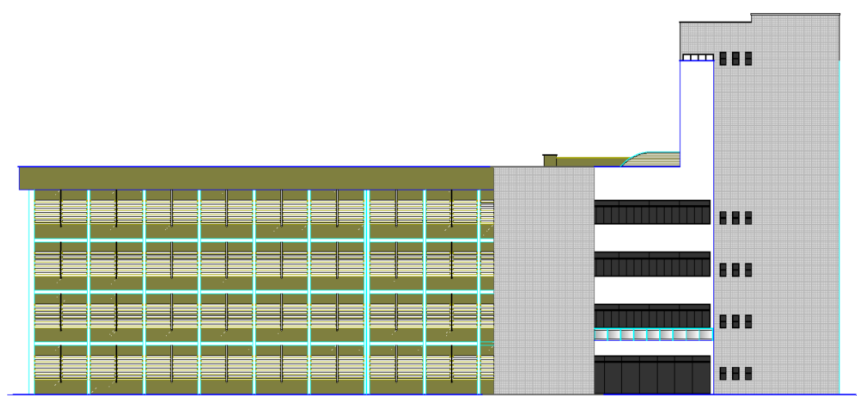


Figura 39: Imagem projeto arquitetônico fachada Norte em Autocad.

A Tabela 33 apresenta os valores de área levantados da fachada Norte da edificação. As proteções solares paralelas a fachada “*brise-soleils*” existentes na fachada Norte não foram consideradas por não atenderem as exigências do programa.

Tabela 33: Valores das áreas da fachada Norte.

Área Total Opaca Fachada Norte (m <sup>2</sup> )	931,01
Área Aberturas (m <sup>2</sup> )	361,42
Área Total (m <sup>2</sup> )	1292,43

A Figura 40 mostra a carta solar da fachada Norte com azimute 354°.



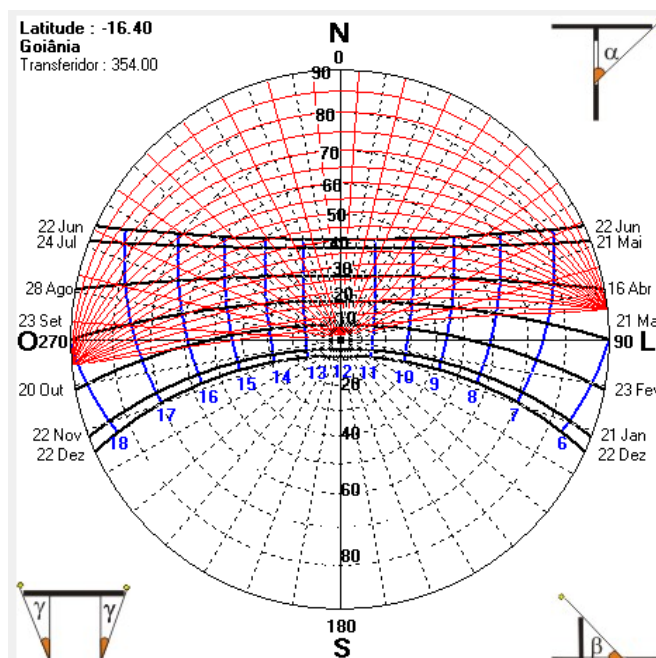


Figura 40: Carta Solar fachada Norte (Azimute 354°).

As linhas do campo de abertura da fachada Norte (Azimute 354°), evidenciam intensa incidência solar nesta fachada. No período compreendido entre o início do mês de abril e o final do mês de setembro a incidência solar nesta fachada ocorre durante todo o dia.

A Tabela 34 apresenta os valores de absorvâncias e as áreas de abrangência na fachada Norte da edificação.

Tabela 34: Absortância e área correspondente - fachada Norte.

FACHADA NORTE				
MATERIAL	TINTA AZUL	PASTILHA AZUL	PINTURA BRANCA	PINTURA AREIA
Absortância	48,9	79,9	15,8	44,9
Área (m <sup>2</sup> )	141,66	295,06	99,75	394,54

#### 4.3.2.4 Fachada Leste

A Figura 41 apresenta a imagem do projeto arquitetônico da fachada Leste.

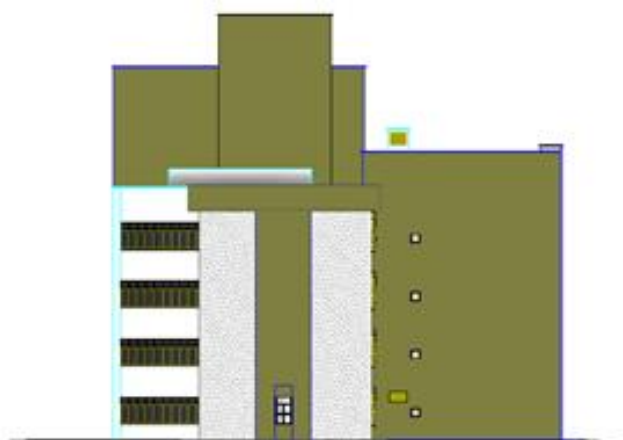


Figura 41: Imagem projeto arquitetônico fachada Leste em *Autocad*.

A Tabela 35 apresenta os valores de área levantados da fachada Leste da edificação.

Tabela 35: Valores das áreas da fachada Leste.

Área Total Opaca Fachada Leste (m <sup>2</sup> )	717,67
Área Aberturas (m <sup>2</sup> )	43,70
Área Total (m <sup>2</sup> )	764,37

A Figura 42 mostra a carta solar da fachada Leste com azimute 84°.

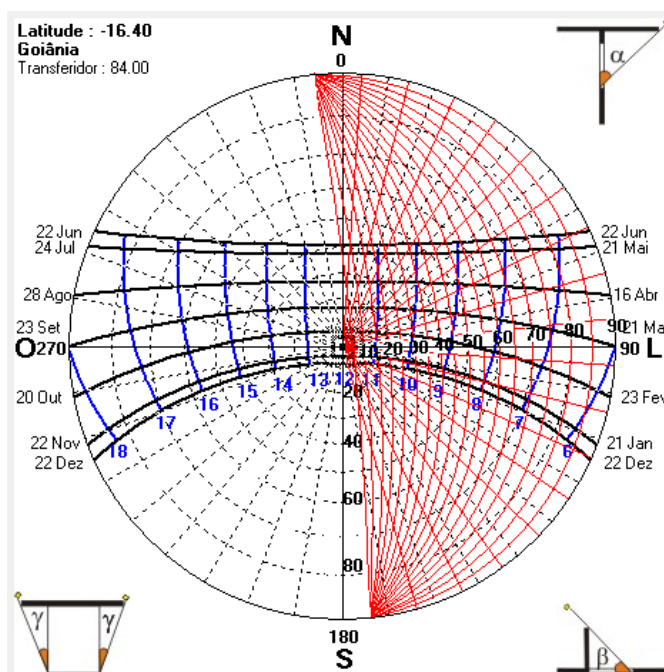


Figura 42: Carta Solar fachada Leste (Azimute 74°).

As linhas do campo de abertura da fachada Leste (Azimute  $84^\circ$ ), evidenciam intensa incidência solar no período matutino, no chamado sol da manhã.

A Tabela 36 apresenta os valores de absorvâncias e as áreas de abrangência na fachada Leste da edificação.

Tabela 36: Absortância e área correspondente fachada Leste.

FACHADA LESTE			
MATERIAL	TINTA AZUL BALI	TINTA BRANCA	TINTA AREIA
Absortância	48,9	15,8	44,9
Área (m <sup>2</sup> )	132,69	63,51	521,47

#### 4.3.2.5 Fachada Oeste

A Figura 43 apresenta a imagem do projeto arquitetônico da fachada Oeste.

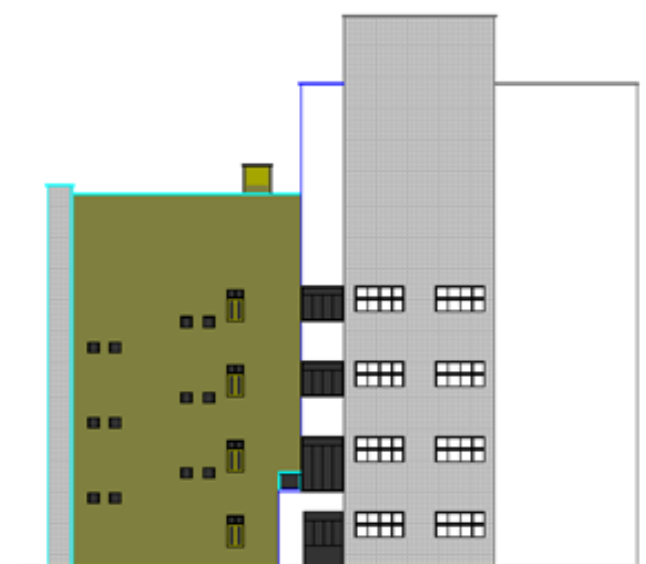


Figura 43: Imagem projeto arquitetônico fachada Oeste em *Autocad*.

A Tabela 37 apresenta os valores de área levantados da fachada Oeste da edificação.

Tabela 37: Valores das áreas da fachada Oeste

Área Total Opaca Fachada Oeste (m <sup>2</sup> )	725,53
Área Aberturas (m <sup>2</sup> )	45,31
Área Total (m <sup>2</sup> )	770,84

A Figura 44 mostra a carta solar da fachada Leste com azimute  $264^\circ$ .

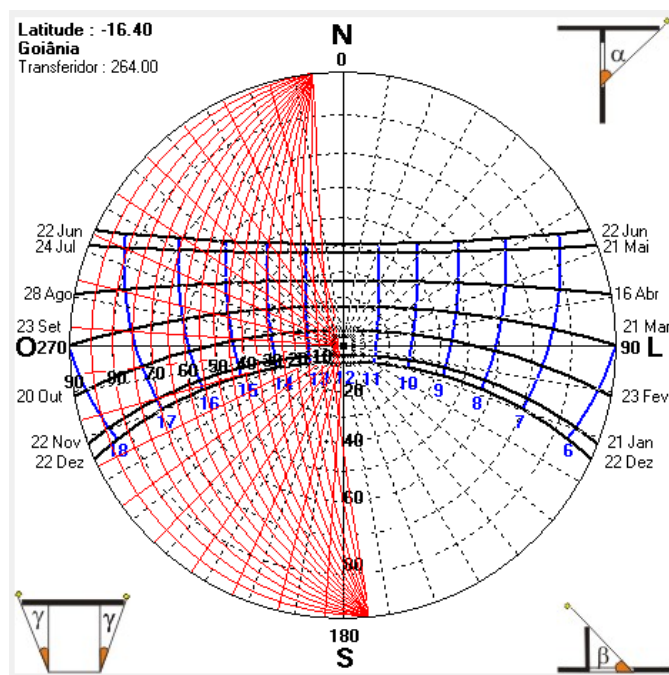


Figura 44: Carta Solar fachada Oeste (Azimute 264°).

As linhas do campo de abertura da fachada Oeste (Azimute 264°), evidenciam intensa incidência solar e com diversas angulações no período da tarde, trata-se de um período crítico em relação ao incremento de carga térmica no interior da edificação.

A Tabela 38 apresenta os valores de absorvâncias e as áreas de abrangência na fachada Oeste da edificação.

Tabela 38: Absortância e área correspondente fachada Oeste.

FACHADA OESTE			
MATERIAL	PASTILHA AZUL	TINTA BRANCA	TINTA AREIA
Absortância	79,9	15,7	44,9
Área (m <sup>2</sup> )	218,84	246,88	259,81

#### 4.3.2.6 Cobertura

A cobertura da edificação é constituída por diversos materiais, entretanto, a cobertura “telha metálica sanduiche” abrange a aproximadamente 79% da cobertura do edifício. É constituída por 4cm de poliuretano revestido na parte superior e inferior por telha metálica de 0,1cm. A transmitância térmica (U) para este tipo de cobertura é de 0,55 W/(m<sup>2</sup>K) e a Condutividade Térmica (C<sub>T</sub>) é de 230 kJ/(m<sup>2</sup>K). A Figura 45 ilustra a composição de material deste tipo de cobertura impermeabilizada.

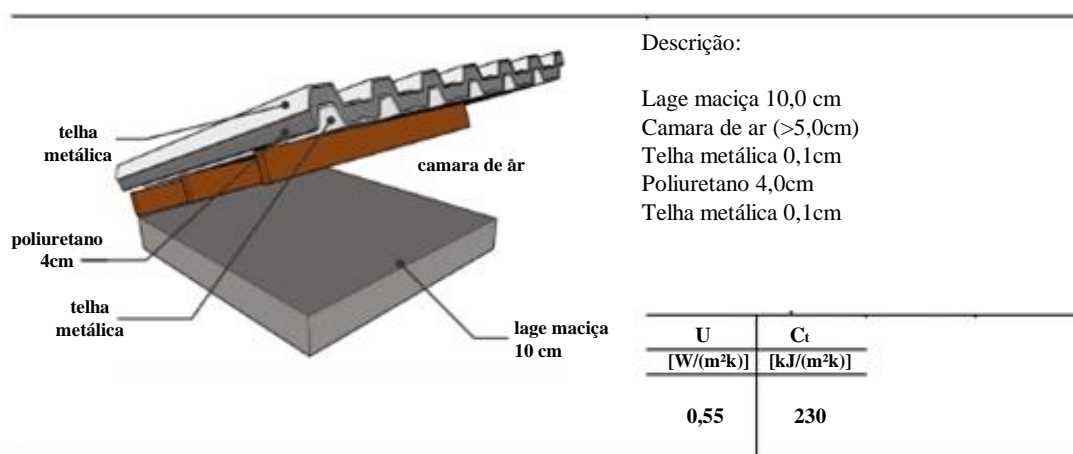


Figura 45: Composição da cobertura telha branca.

A Tabela 39 apresenta a área de cada componente que compõe a cobertura existente na edificação, as transmitâncias (U) respectivas, conforme expressão (2.2), e o resultado da transmitância térmica após a ponderação.

Tabela 39: Transmitância térmica da cobertura.

MATERIAL	AREA (m²)	PONDERAÇÃO	U (W/m²K)	€ U POND.
Laje maciça 10cm sem telhamento	134,61	0,15	2,2	0,33
Telha metálica sanduíche	686,77	0,79	0,5	0,43
Policarbonato alveolar azul	48,46	0,06	3,6	0,21
TOTAL	879,84	1	-	0,97

Após a ponderação com os demais componentes empregados na cobertura da edificação a transmitância térmica da cobertura é obtida no valor 0,97 W/m²K.

Em relação ao coeficiente de absorvância a cobertura possui 0,28 de obtido a partir da ponderação exibida na Tabela 40.

Tabela 40: Determinação do coeficiente de absorvância.

COBERTURA	ÁREA (m²)	α	PONDERAÇÃO	€ α POND.
Telha metálica sanduíche	676,77	0,2	0,79	0,28
Concreto aparente	134,61	0,8	0,15	
Policarbonato aveolar azul	48,46	0,2	0,03	

#### 4.3.2.7 Determinação do Nível de Eficiência da Envoltória

A edificação possui o Ângulo Horizontal de Sombreamento (*AHS*) de  $7,01^\circ$  obtido conforme resultado da ponderação apresentado na Tabela 41. O Ângulo Vertical de Sombreamento (*AVS*) de  $6,04^\circ$  e o Fator Solar de (*FS*) de 0,87 conforme mostrado na Tabela 42.

Tabela 41: AHS de Sombreamento.

FACHADA	ÁREA ABERTURAS	AHS	PONDERAÇÃO	RESULTADO
Norte	357,61	$10,93^\circ$	0,40	$4,33^\circ$
Sul	437,07	$5,09^\circ$	0,48	$2,47^\circ$
Leste	45,52	$4,09^\circ$	0,05	$0,21^\circ$
Oeste	61,91	0,00	0,07	$0,00^\circ$
TOTAL	902,13	-	1	$7,01^\circ$

Tabela 42: AVS E FS das aberturas.

FACHADA	ÁREA ABERTURAS	AVS	POND.	RESULTADOS AVS	FS	RESULTADOS FS
Norte	357,62	$13,83^\circ$	0,40	$5,48^\circ$	0,87	0,34
Sul	437,08	$1,03^\circ$	0,48	$0,50^\circ$	0,87	0,42
Leste	45,52	$1,30^\circ$	0,05	$0,07^\circ$	0,87	0,04
Oeste	61,92	$0,00^\circ$	0,07	$0,00^\circ$	0,87	0,06
TOTAL	902,13	-	1	$6,04^\circ$	3,48	0,87

Com a aplicação dos dados levantados nas expressões (2.6), (2.7),(2.8) e (2.9), é possível obter o Indicador de Consumo da envoltória (*ICenv*). Considerando a localização geográfica do edifício, neste estudo é utilizada a expressão (2.14), referente a zona bioclimática 6 e com área de projeção maior que  $500 \text{ m}^2$ .

Tabela 43: Valores para Definição do *ICenv*.

Ape: Área de projeção do edifício ( $\text{m}^2$ )	3519,08
AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento	6,04
AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento	7,01
FF: Fator de Forma, ( $A_{env}/V_{tot}$ )	0,44
FA: Fator Altura, ( $A_{pob}/A_{tot}$ )	0,28
FS: Fator Solar	0,87
PAF <sub>T</sub> : Percentual de Abertura na Fachada total	22,00%
<i>ICenv</i> =404,81	

Para classificação do nível de eficiência da envoltória é necessário, a determinação do  $IC_{min}$  e do  $IC_{max}$  ( Tabela 44).

Tabela 44: Resultados  $IC_{min}$  e  $IC_{max}$ .

Ape: Área de projeção do edifício (m <sup>2</sup> )	3519,08	Ape: Área de projeção do edifício (m <sup>2</sup> )	3519,08
AVS: Ângulo Vertical de Somb.	0,00	AVS: Ângulo Vertical de Somb.	0,00
AHS: Ângulo Horizontal de Somb.	0,00	AHS: Ângulo Horizontal de Somb.	0,00
FF: Fator de Forma, (Aenv/ Vtot)	0,44	FF: Fator de Forma, (Aenv/ Vtot)	0,44
FA: Fator Altura, (Apcob/ Atot)	0,28	FA: Fator Altura, (Apcob/ Atot)	0,28
FS: Fator Solar	0,87	FS: Fator Solar	0,61
PAF <sub>T</sub> : Perc. de Abert. na Fachada total	0,05	PAF <sub>T</sub> :Perc. de Abert. na Fachada total	0,6
$IC_{min}=416,44$		$IC_{max}=460,34$	

A partir dos limites obtidos é determinado o intervalo  $i$  a partir da equação (2.15). A Tabela 45 apresenta os limites e o intervalo  $i$  definido.

Tabela 45: Intervalo de  $i$ .

$IC_{env}$	404,81
$IC_{max}$	460,34
$IC_{min}$	416,44
$i =$	14,63

Com o valor de  $i$ , utilizando o *software* Excel, é preenchida a Tabela 6. O Resultado do índice de consumo da envoltória fica definido conforme evidenciado na Tabela 46.

Tabela 46: Resultado nível de eficiência envoltória.

NÍVEL	LIMITE MÍNIMO	LIMITE MÁXIMO
A	-	416,44
B	416,45	431,07
C	431,08	445,70
D	445,71	460,33
E	460,34	-
$I_{cenv}$		404,81
Nível		A

Desta forma, a avaliação do  $I_{cenv}$  alcança nível “A” em eficiência energética conforme os parâmetros definidos na Tabela 10.

A verificação quanto ao atendimento aos pré-requisitos específicos da envoltória indica que a absorvância das paredes extrapola ao valor máximo admissível. A Tabela 47 apresenta os resultados e os limites máximos admissíveis de absorvâncias e transmitância térmicas.

Tabela 47: Atendimento aos pré-requisitos específicos da Envoltória.

ITEM	VALOR VERIFICADO	VALOR MÁXIMO ADMISSÍVEL	ATENDIMENTO
Absorvância cobertura	0,28	0,50	Atende
Absorvância paredes	0,58	0,50	Não atende
Transmitância cobertura	0,97	1,00	Atende
Transmitância paredes	2,46	3,47	Atende

Na avaliação do pré-requisito iluminação zenital o espaço da cobertura constituído de policarbonato alveolar é considerado uma abertura zenital. A Tabela 48 apresenta a área, o Fator Solar (FS) e o Percentual de Abertura Zenital (PAZ).

Tabela 48: Percentual de Abertura Zenital.

Área do policarbonato alveolar azul	48,46m <sup>2</sup>
FS	0,87
PAZ	4,97%

Na avaliação do pré-requisito específico de abertura zenital para os limites de FS em função do PAZ da cobertura, o valor do FS de 0,87 extrapola ao limite máximo admissível de 0,3, conforme apresentado na Tabela 3.

Considerando os dois pré-requisitos específicos que não foram atendidos, a envoltória sofre rebaixamento em dois níveis de eficiência, de forma que a classificação da eficiência energética da envoltória é rebaixada do nível “A” para o nível “C”.

#### 4.3.3 Condicionamento de ar – PBE Edifica

A edificação possui um sistema de ar condicionado do tipo VRF do tipo *Multi-splits*. A Tabela 49 apresenta para os modelos de equipamentos sem fluxo reverso, os níveis mínimos de eficiência exigidos, conforme os RTQ-C para classificação.

Tabela 49: Exigência mínima de eficiência (sem ciclo reverso).

TIPO DE EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	AQUECIMENTO	CONDIÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO	EFICIÊNCIA MÍNIMA	PROCEDIMENTO TESTE
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar	≥70 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF	2,93 COP 3,40 ICOP	AHRI 1230



A Tabela 50 apresenta, para os modelos de equipamentos com fluxo reverso (aquecimento), os níveis mínimos de eficiência exigidos conforme os RTQ-C para classificação nível “A”.

Tabela 50: Exigência mínima de eficiência (com ciclo reverso).

TIPO DE EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	AQUECIMENTO	SUBCATEGORIA DE CLASSIFICAÇÃO	EFICIÊNCIA MÍNIMA	PROCEDIMENTO TESTE
Condicionadores de ar VRF com condensação a ar	≥70 kW	Ausente ou resistência elétrica	Multi-split VRF com refrigeração e aquecimento simultâneos	2,73 COP 3,16 ICOP	AHRI 1230

O projeto de condicionamento de ar implantado é composto por cinco sistemas, sendo no total três sistemas distintos. Neste caso, os RTQ-C exigem uma análise ponderada do COP, proporcional à capacidade térmica de resfriamento e de aquecimento de cada sistema.

Os dados de eficiência foram extraídos dos *Engineering Product Data Books* fornecidos pelos fabricantes, e avaliados para as condições de operação específicas da região de aplicação.

Para determinação da classificação final do sistema, é realizada a ponderação da capacidade de cada equipamento. O coeficiente de ponderação é dado pela relação entre a capacidade de cada equipamento e a capacidade total de todos os sistemas que se encaixam nesta categoria, e o resultado ponderado é o produto do equivalente numérico da classificação energética por esse coeficiente de ponderação.

A Tabela 51 exhibe os resultados da ponderação de obtenção da classificação energética do edifício para resfriamento.

Tabela 51: Classificação energética do sistema para resfriamento.

UNIDADE	CAPACIDADE DE RESFRIAMENTO [KW]	EFICIÊNCIA [COP]	NÍVEL	COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO	RESULTADO PONDERADO
VRF LG BRUV320LTS4	93,9	4,27	A	0,15	0,75
VRF LG ARUN440LLN4	123,2	3,01	A	0,196	0,98
VRF HITACHI RAS48FSNHB	136	4,08	A	0,218	1,09
VRF HITACHI RAS48FSNHB	136	4,08	A	0,218	1,09
VRF HITACHI RAS48FSNHB	136	4,08	A	0,218	1,09
Total	625,1	-	-	1	5

A Tabela 52 exhibe os resultados da ponderação de obtenção da classificação energética do edifício para ciclo reverso (aquecimento).

Tabela 52: Classificação energética do sistema para ciclo reverso.

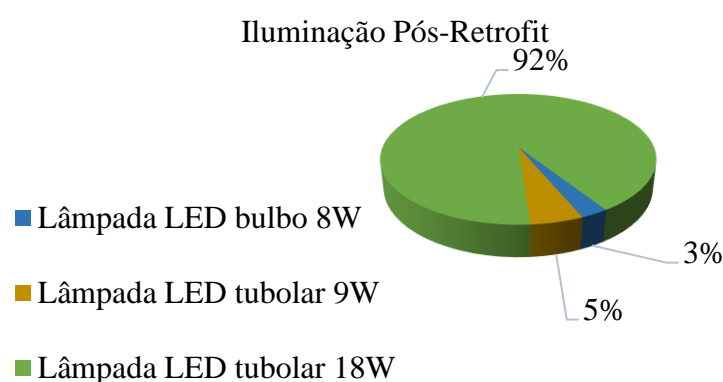
UNIDADE	CAPACIDADE DE AQUECIMENTO [KW]	EFICIÊNCIA [COP]	NÍVEL	COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO	RESULTADO PONDERADO
VRF LG ARUN440LLN4	123,2	3,8	A	0,214	1,07
VRF HITACHI RAS48FSNHB	150	4,5	A	0,262	1,31
VRF HITACHI RAS48FSNHB	150	4,5	A	0,262	1,31
VRF HITACHI RAS48FSNHB	150	4,5	A	0,262	1,31
Total	573,2	-	-	1	5

O resultado ponderado do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar alcança o  $EqNumCA$  de valor 5 ou seja, nível “A” em eficiência energética.

A avaliação dos pré-requisitos específicos do condicionamento de ar, conforme RTQ-C, aponta que o sistema infringe ao pré-requisito de isolamento térmico para tubulação de fluidos. Em diversos pontos do sistema o isolamento térmico não possui a espessura mínima conforme apresentado na Tabela 9. Por conseguinte, a classificação do sistema de condicionamento de ar do bloco de aulas “E” da Escola de Engenharia fica rebaixado para classificação nível “B”, com o  $EqNumCA$  4,00.

#### 4.3.4 Iluminação – PBE Edifica

Com a implementação do *retrofit*, proveniente do projeto de eficiência energética, o sistema de iluminação do prédio se tornou na totalidade constituído por lâmpadas de LED. A nova configuração do sistema é apresentada no Anexo J e na Figura 46 apresenta a nova subdivisão do sistema.

Figura 46: Configuração do sistema após o *retrofit*.

Considerando que o prédio do Centro de Aulas “E” da Escola de Engenharias possui apenas uma atividade principal, escola/universidade, optou-se pela utilização do método de avaliação por área<sup>18</sup> para classificação do sistema de iluminação. Desta forma, é levantada a densidade de potência de cada ambiente e comparado com a densidade de potência de iluminação limite –  $DPI_L$  para cada nível de eficiência, de acordo com a função da área, conforme consta no Anexo F.

A avaliação relaciona a potência das luminárias e as suas quantidades que a partir da implementação do projeto de eficiência energética o sistema passa a atender a  $DPI_L$  - Densidade de Potência de Iluminação Limite exigida para nível “A”, conforme Tabela 53.

Tabela 53: Resultados iluminação.

ÁREA AVALIADA (m <sup>2</sup> )	ÁREA ILUMINADA (m <sup>2</sup> )	Nº AMBIENTES	DPI (W/m <sup>2</sup> )	NÍVEL
3.519,08	3.154,56	62	4,2	A

Os resultados das avaliações dos pré-requisitos do sistema de iluminação, comparando o cenário antes da implementação do projeto de eficiência energética e após a implementação do projeto, estão apresentados na Tabela 54.

Tabela 54: Atendimento às exigências.

ATENDIMENTO AOS REQUISITOS	ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES DE EE	APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES DE EE
DPI <sub>L</sub>	Não atende	Atende
Contribuição de luz natural	Não atende	Atende
Divisão dos circuitos	Atende	Atende
Desligamento automático	Atende	Atende

As ações implementadas a partir da execução do projeto do PEE, concebido conforme a metodologia proposta, proporcionou o atendimento a todos os pré-requisitos e consequente classificação com  $EqNumDPI$  no valor de 5 ou seja, nível “A” de eficiência energética do sistema de iluminação do Centro de Aulas “E” da Escola de Engenharias da UFG.

#### 4.3.5 Pontuação Total e Nível de Eficiência Final da Edificação

De posse dos valores obtidos para o  $EqNumEnv$  com o valor 3, o  $EqNumDPI$  com o valor de 5 e o  $EqNumCA$  com o valor 4, e considerando um ponto obtido através da bonificação

<sup>18</sup> Método de área é aplicável quando existe até 3 (três) atividades principais que ocupam mais de 30% da área do edifício

em função do sistema de geração fotovoltaico instalado, a Pontuação Total da edificação obtido através da expressão (2.1) é de 5,0.

Projetando o resultado da Pontuação Total nos intervalos de Classificação Geral constante na Tabela 11, a edificação alcança o nível “A” de classificação de eficiência final.

#### 4.4 RESULTADO GERAL DO ESTUDO DE CASO

O resultado geral do estudo de caso obteve êxito em sua proposta de efficientização e de etiquetagem de uma edificação construída, conforme apresentado na Figura 47, mesmo não sendo possível atuar no condicionamento de ar e na envoltória.



Figura 47: Resultado geral do estudo de caso.

O diagnóstico realizado indica que para esta edificação o condicionamento ar não possibilita a implementação de projeto de eficiência energética através do PEE em função da edificação já possuir um sistema já eficiente. No entanto, apesar do sistema ser eficiente ele não atende ao isolamento térmico para tubulação de fluidos, conforme apresentado no item 2.2.2.4, desta forma, o nível de eficiência energética do edifício fica rebaixado de A para B.

Para envoltória também não é possível implementar ação de eficiência energética através do PEE, porque a envoltória não se configura como um uso final de energia e no diagnóstico

não é evidenciada a possibilidade de prospecção de ação relacionando a outro uso final de energia. Desta forma, a envoltória obteve nível “C” de eficiência energética.

No sistema de iluminação as ações de eficiência energética implementadas a partir da execução do projeto proposto através do PEE proporcionaram o alcance do nível “A” em eficiência energética ao edifício. Isto porque as ações implementadas garantiram os índices mínimos de DPI exigidos, conforme item 2.2.2.3, e o atendimento de todos os pré-requisitos exigidos para o sistema de iluminação.

Outra ação implementada de fundamental importância no estudo de caso é a implementação do sistema fotovoltaico, garantindo a pontuação extra proporcionada pela bonificação. E conforme apresentado no item 2.2.2.5, este ponto extra tem capacidade de elevar em um nível a eficiência energética do edifício.

Desta forma, a metodologia apresentada obteve êxito na proposta, com o alcance da ENCE Geral de edificação construída nível “A”.

#### **4.5 ANÁLISE CRÍTICA POR ITEM DE AVALIAÇÃO DO PBE EDIFICA**

Na sequência deste capítulo é realizada a análise crítica, conforme a metodologia proposta, dos itens de avaliação do PBE Edifica:

- a) envoltória;
- b) condicionamento de ar;
- c) iluminação;
- d) bonificações.

É importante destacar que a envoltória é um item de avaliação obrigatório do PBE Edifica em qualquer tipo de solicitação (etiqueta de projeto, etiqueta de edificação construída, etiqueta parcial ou etiqueta geral). Entretanto, por se tratar de um conjunto de elementos construtivos, não é possível implementar projeto de eficiência energética para o melhoramento específico da envoltória.

Uma alternativa consiste em relacionar os ganhos provenientes das ações de eficiência na envoltória a algum uso final de energia, isso porque a envoltória pode influenciar no consumo energético de outros usos finais (condicionamento de ar ou iluminação). É importante ressaltar que cuidados devem ser tomados no sentido de garantir por parte do agente regulador, a ANEEL, o reconhecimento dos valores investidos como ações de eficiência energética, conforme exigências do PROPEE.

Por exemplo: uma proposta de ação que contempla a implementação de nova pintura a edificação, modificando a cor e melhorando os índices de absorvâncias na envoltória, (itens de

avaliação do PBE Edifica), por reduzir o incremento de carga térmica a edificação pode relacionar ao uso final “Condicionamento de ar”. Para isso, é necessário que o plano de M&V consiga quantificar os ganhos energéticos proporcionados ao sistema de condicionamento de ar.

Entretanto, mesmo com bom plano de M&V, o maior gargalo consiste na viabilidade técnica e econômica do processo. A alteração da cor de uma edificação é uma ação com custos elevados que relacionando-os aos ganhos energéticos proporcionados comprometem a viabilidade do projeto. Na Tabela 13 estão detalhados os itens de avaliação do PEE.

Este tipo de limitação nas possibilidades de atuação em envoltória através do PEE, pode apresentar como um gargalo para implementar a proposta deste estudo em outras edificações que necessite de intervenções em envoltória, mas está em sintonia com o escopo de abrangência do PEE cujo objetivo geral consiste em:

Promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. (ANEEL, 2018d).

Ou seja, o conceito de existência do PEE restringe o campo de ação a equipamentos, processos e usos finais de energia. Neste sentido, os demais itens de avaliação do PBE Edifica são considerados como usos finais de energia, desta forma, havendo potencial de efficientização é factível a implementação de projetos através do PEE, de forma que:

O uso final “Iluminação” é um item de avaliação do PBE Edifica e é contemplado dentro das possibilidades usualmente aplicadas através do PEE. A eficiência das lâmpadas de LED e o custo cada vez mais acessível oportuniza possibilidades viáveis e competitivas de propostas de projetos de eficiência energética a partir da realização de *retrofits* em sistemas de iluminação, isto fica evidenciado através dos 0,25 obtidos como RCB no estudo de caso para o projeto de iluminação realizado neste estudo.

O uso final “condicionamento de ar” é um item possível de implementação em projetos de EE através do PEE, mas que exige o correto dimensionamento de todos os itens que envolvem a sua instalação. Não adianta apenas a implementação de sistemas eficientes, já que falhas no processo de instalação podem comprometer a eficiência do sistema.

No aspecto das bonificações também existem possibilidades de atuação através da implementação de sistemas com o uso das energias renováveis, principalmente através da implementação da geração fotovoltaica. Trata-se de uma ação já consolidada através do PEE, inclusive já contemplando a inserção da geração distribuída, ou seja, a edificação passa a receber e disponibilizar energia elétrica ao sistema, entretanto é necessário ficar atento com a questão da viabilidade já que no estudo de caso realizado neste trabalho apresenta um RCB igual a 0,92.

Outra opção viável através das bonificações é a utilização da energia solar para aquecimento, além de se apresentar como opção de pontuação através das bonificações ainda é uma possibilidade de ser empregada para atendimento a exigência do pré-requisito geral de possuir sistema eficiente de aquecimento de água, conforme item 2.2.2.1.

Em relação ao PEE, a implementação de sistema de aquecimento solar em substituição a chuveiros elétricos é indicada principalmente devido ao alto consumo energético das resistências elétricas empregadas nos chuveiros. A substituição por energia solar, reduz consideravelmente a demanda energética para este uso final, já que é o calor do sol que promove o aquecimento da água, desta forma é possível alcançar baixos valores na RCB para o processo de aquecimento de água, o que contribui na composição da RCB geral do projeto.

Elevadores também podem ser contemplados por meio do PEE, entretanto é necessário avaliar a RCB deste uso final e no impacto no RCB geral do projeto (assim como deve ser realizado em todos os usos finais).

No geral, a definição das ações a se implementar em cada edificação depende da avaliação dos diagnósticos realizados sob a ótica do PBE Edifica e do PEE. É somente através da avaliação das características da edificação que é possível determinar as ações a serem tomadas visando a readequação necessária para a efficientização e etiquetagem do edifício.

#### **4.6 SUGESTÕES DE MODIFICAÇÃO NA LEGISLAÇÃO**

Como o PBE Edifica não é contemplado no escopo do PEE, não existe interação entre os RTQ e os PROPEE. Este estudo apresenta algumas sugestões de modificações na legislação vigente, visando a aproximação, incentivo e a promoção de projetos simultâneos entre os programas.

##### **4.6.1 Sugestão de Disponibilização de Recurso - PEE**

Diante do valor agregado proporcionado ao projeto de eficiência energética do PEE quando executado simultaneamente com o PBE Edifica, conforme apresentado no capítulo 0, este estudo sugere a disponibilização de um recurso financeiro como incentivo a esta prática (*Ipbe*). A sugestão é a disponibilização de um valor correspondente a 20% (vinte por cento) do Custo Total do Projeto do PEE (*Ctp*).

É importante destacar que se trata de um recurso disponibilizado para projetos de eficiência energética ingressados através das CPPs que contemplem a certificação da edificação com a emissão de uma ENCE Geral de edificação construída.

Desta forma, é possível que existam grandes projetos em que 20% do *Ctp* exceda as necessidades para um processo de etiquetagem. Visando atender a esta situação, e considerando os diversos cenários construtivos das edificações, este estudo sugere um limite para o *Ipbe* em um valor correspondente a 3 (três) vezes o custo orçado com o OIA para a realização do processo de etiquetagem. Este valor toma como referência a proporcionalidade verificada, através de orçamentos, dos custos cobrados por empresas especializadas em estruturação de processos de etiquetagem, que em geral ficam na ordem de duas vezes o valor do custo cobrado pelo OIA para a realização do processo de etiquetagem.

É importante destacar que dependendo das características construtivas do edifício e da disponibilidade da documentação comprobatória, necessária para o processo de etiquetagem, a complexidade do processo de avaliação pode ser maior, o que incorre em maiores custos para a realização da estruturação do processo de avaliação. Desta forma, quando o *Ipbe* não for suficiente para arcar com todos os custos do processo de etiquetagem, a indicação para a complementação dos recursos é que seja realizado através de contrapartidas.

A proposta sugere que o *Ipbe* seja creditado para a ESCO responsável pela execução do projeto de eficiência energética na conclusão do processo de etiquetagem. Este valor não objetiva custear todas as despesas do processo de etiquetagem, até mesmo em função da complexidade das particularidades de cada projeto.

É importante ressaltar que por se tratar de um incentivo as práticas de certificação em edificações, este recurso não deve ser considerado no cálculo de viabilidade do projeto do PEE, de forma a não impactar na RCB, evitando o comprometimento da competitividade do projeto diante da CPP ao qual foi ingressado.

No Anexo M é apresentado como exemplo um orçamento de processo de inspeção para uma edificação de 1.560,00 m<sup>2</sup> de área construída e no Anexo L é apresentado um orçamento da consultoria de estruturação do processo de submissão. Nestes exemplos fica evidenciada a ordem de proporção dos valores do processo.

#### **4.6.2 Origem do Recurso - PEE**

A sugestão é que os recursos disponibilizados para o incentivo (*Ipbe*) tenham origem no percentual de recursos que são destinados ao PROCEL (Figura 17). Conforme apresentado no item 2.3, dos 0,5% da ROL das concessionárias que é disponibilizado para a eficiência energética, 20% deste montante é destinado ao PROCEL, para incentivo e promoção as práticas de eficiência.



Entretanto, nem todo este recurso vem sendo utilizado, no ano de 2017 houve um saldo remanescente no valor de aproximadamente 48 milhões de reais (PROCEL, 2018), e em 2018 o saldo remanescente foi de aproximadamente 66 milhões de reais (ENERGIA, 2020). É importante destacar que, após a aprovação da execução orçamentária, o saldo remanescente da conta do PROCEL, considerando os valores empenhados e os reembolsos de financiamentos, ficam disponibilizados para serem rateados pela Eletrobras, proporcionalmente ao montante recolhido, e redistribuído sob a forma de créditos às distribuidoras de energia elétrica.

Desta forma, considerando a existência deste recurso e a finalidade inicial que consiste em incentivar e promover as práticas de eficiência energética, este estudo sugere que parte deste recurso remanescente seja disponibilizado para subsidiar o incentivo ao PBE Edifica (*Ipbe*) proposto neste estudo no item 4.6.1.

#### 4.6.3 Sugestão de Modificação na Legislação Vigente – PBE Edifica

Para o PBE Edifica a sugestão de modificação na legislação vigente consiste em realizar um novo balizamento para a pontuação disponibilizada em sistema de geração fotovoltaica através das bonificações. Atualmente, a energia elétrica gerada a partir de placas fotovoltaicas vem se popularizando, os custos desta tecnologia tem se tornado acessíveis e o número de conexões vem aumentando consideravelmente.

De acordo com Anuário Estatístico de Energia Elétrica ano base 2018 (EPE/MME, 2019), no ano de 2014 o Brasil possuía 15,00MW de geração solar fotovoltaica instalada, já em 2018 fechou com 1.797,58MW. O gráfico da Figura 48 mostra que a partir do ano 2016 houve um redirecionamento na curva de crescimento da geração solar fotovoltaica no Brasil.

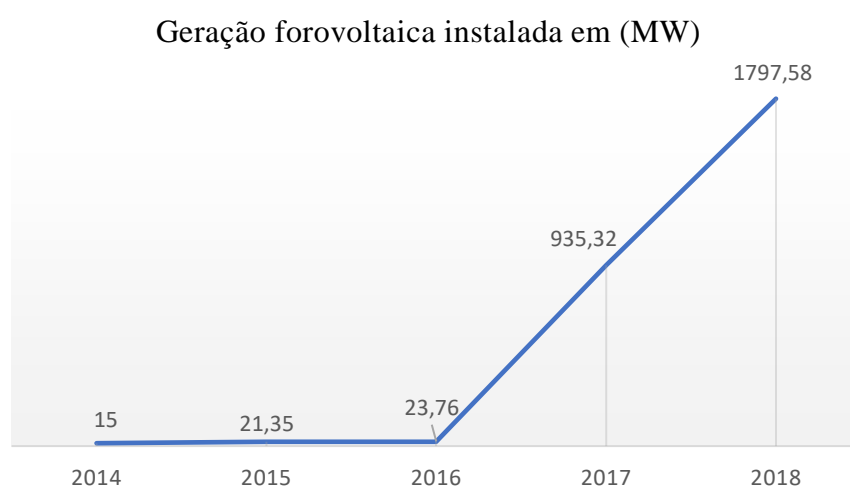


Figura 48: Capacidade instalada de geração fotovoltaica.

Destacam-se também as possibilidades propiciadas pelos incentivos a expansão da geração distribuída, por exemplo, com a Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº482/2012 (ANEEL, 2012), alterada pela Resolução Normativa da ANEEL nº687/2015 (ANEEL, 2015). Estas resoluções proporcionam condições favoráveis para o acesso de microgeração e minigeração distribuída através do sistema de compensação de energia elétrica.

Desta forma, diante deste novo cenário, este estudo sugere a redução de 1 para 0,5 pontos de bonificação para edificações com sistema de geração solar fotovoltaica instalado. É uma atualização na metodologia do PBE Edifica sugerida em função dos novos direcionamentos e consequente popularização da energia solar fotovoltaica no Brasil.

Uma segunda sugestão de modificação na legislação vigente do PBE Edifica é apresentada em função da análise da incidência solar nas fachadas da edificação. As equações de Indicador de Consumo da Envoltória (*ICenv*) foram criadas a partir de resultados de simulações computacionais que simulam as diversas tipologias construtivas de edificações nacionais de uso comercial. Para uso destas equações, o cálculo do Percentual de Área de Aberturas nas Fachadas Total (*PAF<sub>T</sub>*) demanda que cada fachada tenha sua orientação geográfica escolhida conforme quatro orientações: Norte, Sul, Leste e Oeste.

A fachada Oeste, que em diversas regiões brasileiras possui os maiores níveis de insolação, dever ser usada obrigatoriamente na equação caso o percentual de área de abertura nessa face seja 20% superior que o *PAF<sub>T</sub>*. Entretanto, é importante destacar que na zona bioclimática 6 a fachada que recebe maior incidência solar no período do inverno é a Norte, a simulação realizada através do software Sol-Ar 6.2 apresentada na Figura 40, evidencia a fachada Norte com maior tempo diário de exposição solar no inverno.

Em relação a temperatura, o gráfico da Figura 49 apresenta a média da curva de temperatura máxima de Goiânia divulgada pelo INMET para intervalos de 30 anos (INMET, 2020), ao qual é possível verificar que o pico de temperatura ocorre no inverno.

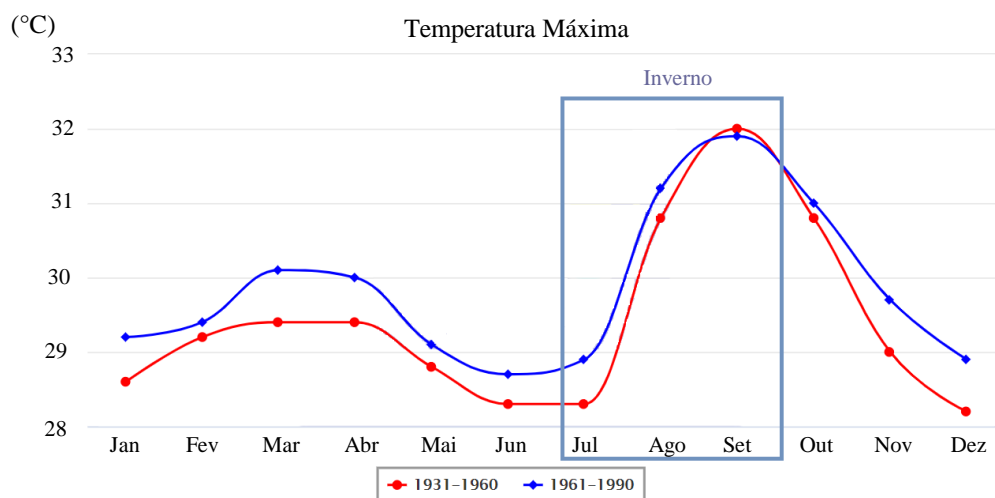


Figura 49: Comparativo de temperatura máxima de Goiânia.

Diante desta característica de máximas temperaturas no inverno e considerando que as edificações localizadas na zona bioclimática 6 sofrem maior exposição solar na fachada Norte no período do inverno, este estudo sugere que a fachada Noroeste seja usada obrigatoriamente na equação do  $IC_{env}$  caso o percentual de área nesta face seja 20% superior que o  $PAF_T$ .

Desta forma, o intervalo de azimutes críticos em relação a incremento de carga térmica deixam de ser os compreendidos nos entre os ângulos  $225^\circ$  e  $315^\circ$  da fachada Oeste e passam a ser considerados os compreendidos ente os ângulos  $270^\circ$  e  $360^\circ$  da fachada Noroeste, conforme apresentado na Figura 50.

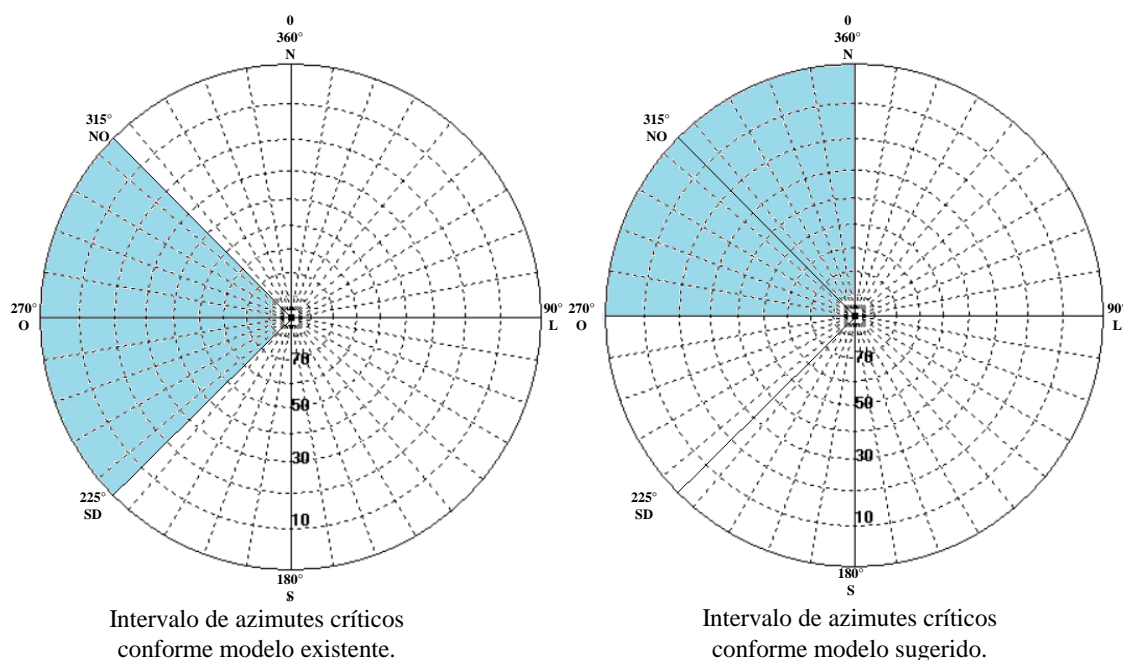


Figura 50: Intervalo de azimutes.

Com a alteração sugerida, passa a se verificar o Percentual de Abertura da Fachada Noroeste ( $PAF_{no}$ ) (azimutes  $270^\circ$  a  $370^\circ$ ), caso o  $PAF_{no}$  for pelo menos 20% maior que o  $PAF_T$  é adotado o  $PAF_{no}$  na expressão do cálculo Indicador de Consumo da envoltória ( $IC_{env}$ ), expressão (2.14). Desta forma, o resultado é capaz de considerar simultaneamente a fachada com maior exposição solar anual (fachada Oeste) e a fachada com maior exposição solar nos períodos mais quentes do ano (fachada Norte).

## 5 CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho que teve por objetivo geral apresentar uma metodologia para implementação de ações de efficientização energética em edificações construídas, a partir de recursos financeiros oriundos do PEE e com a emissão da ENCE geral de edificação construída nível “A” conforme exigências do PBE Edifica, é possível concluir que a implementação da proposta depende das condições da edificação levantadas a partir do pré-diagnóstico energético.

É através do pré-diagnóstico que são avaliadas e definidas as possibilidades de ações nos usos finais de energia a serem implementadas. No entanto, a complexidade que envolve o atendimento simultâneo das exigências do PEE e do PBE Edifica exige o envolvimento de profissionais de diversas áreas atuando em conjunto na busca por soluções.

A partir da aplicação da metodologia proposta no estudo de caso realizado foi possível identificar alguns gargalos existentes, dentre os quais destacam-se:

- a) a falta de estrutura do PBE Edifica: Atualmente apenas a Fundação Vanzolini, está em atividade como OIA realizando inspeções para o fornecimento da ENCE geral de edificação construída;
- b) a dificuldade no levantamento de evidências em relação aos dados construtivos: Por se tratar de edificações já construídas é possível que informações necessárias para avaliação da edificação tenham se perdido com o tempo. Neste caso, o custo para o levantamento destas informações pode até inviabilizar economicamente a possibilidade de utilização simultânea entre os programas;
- c) o tempo necessário para implementação da proposta: todo o processo, considerando o início no levantamento da documentação e avaliação inicial até a finalização com a emissão da ENCE Geral de edificação construída, leva no mínimo dois anos para ser concluído.

Em relação ao contexto atual, o histórico apresentado e a fundamentação dos programas conclui-se que mesmo o PEE e o PBE Edifica se tratando de dois programas que possuem a eficiência energética como princípio de existência, verifica-se que não foram concebidos para se complementarem. Neste sentido, é fundamental a implementação de estratégias de integração eficazes, com capacidade de disponibilizar as informações referentes as oportunidades de ações no campo da sustentabilidade aos diversos agentes interessados.

Avaliando as diretrizes referentes à legislação vigente para elaboração de projetos através do PEE e do PBE Edifica, o campo de possibilidade de execução de ações que melhoram o nível de eficiência de uma edificação já existente, através do PEE, fica restrito a ações em sistemas de condicionamento de ar, iluminação e nas bonificações. A envoltória se apresenta como uma possibilidade limitada em função de não configurar um uso final de energia, conforme as diretrizes do PEE.

A realização da análise da viabilidade econômica de acordo com a metodologia especificada na regulamentação vigente, considerando as ações a serem financiadas com recursos do Programa de Eficiência Energética (PEE) é de fundamental importância nesta proposta, já que a principal forma de proposição de projetos se dá através de CPPs que utilizam a RCB como principal critério de avaliação dos projetos. Desta forma, é possível concluir que exigências específicas do PEE tiram a competitividade de projeto propostos que contemplem em seu escopo a realização a etiquetagem da edificação através do PBE Edifica. Isso ocorre em função da necessidade de aporte de recursos para a realização da etiquetagem.

Assim, visando apresentar estratégias com capacidade de promover uma maior integração entre os programas este estudo apresenta além da realização de análise crítica, como também a proposição de modificações na legislação vigente. São sugestões de melhoramento nas diretrizes com finalidade de proporcionar um cenário mais favorável para implementação da proposta.

É importante destacar que diante da complexidade do processo, para os itens de avaliações do PEE e do PBE Edifica, o texto apresentado nesta pesquisa possui limitações que devem ser assumidas conforme a seguir:

- a) diante da diversidade arquitetônica das edificações, as diretrizes do PBE Edifica apresentadas neste estudo devem ser complementadas, conforme necessidades apresentadas no processo, seguindo as normatizações do programa;
- b) considerando a possibilidade de emprego de tecnologias em usos finais não abordadas neste estudo, as diretrizes apresentadas no PEE devem ser complementadas, seguindo as normatizações do programa;
- c) o estudo é apresentado com enfoque na metodologia prescritiva de avaliação do PBE Edifica, por ser a mais simples e a mais indicada para edificações já construídas (LETIANE; GRACE; CRISTIANA, 2018).

Por fim, conclui-se que mesmo com toda a complexidade que envolve a utilização simultânea do PEE e o PBE Edifica, o sucesso do estudo de caso realizado indica que a metodologia apresentada é viável. A proposição deste estudo e a implementação das modificações na legislação vigentes apontadas, são apresentadas com o intuito de servir como alavanca para impulsionar a prática de etiquetagem em edificações já existentes no território nacional.

## **5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão para trabalhos futuros visando dar seguimento às pesquisas realizadas, diversificando cenários e aprofundando em determinados itens, são sugeridas a realização dos seguintes estudos complementares:

- a) realizar estudo comparativo em edificações localizadas na zona bioclimática 6, correlacionando principalmente as fachadas Oeste e a Norte para se mensurar o impacto da exposição solar destas fachadas em relação ao incremento de carga térmica;
- b) realizar estudo de caso, seguindo a metodologia proposta neste estudo, em edificações com características construtivas, arquitetônicas e de usos finais de energia, diferentes da realizada neste estudo. A partir dos resultados obtidos, realizar análise crítica da proposta;
- c) assim que implementada a metodologia de avaliação do PBE Edifica que vem sendo desenvolvida pelo CB3E, realizar estudo, semelhante a este, considerando o nível de interação entre o PEE com a nova metodologia de avaliação.

## 5.2 ARTIGOS APRESENTADOS

G. C. Lemos; A. F. Faria; E. G. Domingues; J. L. Domingos; E. J. F. Velloso; J. L. Franca. **Árvore Solar no Contexto da Eficiência Energética: Um Monumento Sustentável como Símbolo de Projeto.** Em: SGA'19 - Sustentabilidade na Gestão Ambiental. Inovação e Desafios para os Países de Língua Oficial Portuguesa. ISBN 978-989-20-9623-0, Lisboa, Portugal. 4-5 de Junho de 2019.

G. C. Lemos; A. F. Faria; G. P. Viajante; E. G. Domingues; J. L. Domingos; S. B. Silva; O. C. N. Souto; E. J. F. Velloso; J. L. Franca. **Energy Efficiency Project with Actions to Encourage the Rational and Sustainable Use of Electric Energy.** In: IEEE 19th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC 19). Genoa, Italy, 11-14 June 2019.



## REFERÊNCIAS

- ABESCO. **O Consumo de Energia Elétrica nas Edificações no Brasil | Abesco - Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/o-consumo-de-energia-eletrica-nas-edificacoes-no-brasil/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- ABNT. **NBR 15220-1 - Desempenho térmico de edificações. Definições, símbolos e unidades -Brasil**, 2003.
- ABNT. **NBR 15220-3 - Desempenho Térmico de Edificações. Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**Brasil, 2008a.
- ABNT. **NBR 16401-1 - Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários - Projetos das Instalações -Rio de Janeiro**, 2008b.
- ABNT. **NBR 16401-2 - Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parâmetros de conforto térmico -Rio de Janeiro**, 2008c.
- ABNT. **NBR 16401-3 - Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Qualidade do ar interior -Rio de Janeiro**, 2008d.
- ANEEL. **Treinamento para o Guia de M & V – 1 . 3 Apostila Parte 1 – Revisão de M & V 1 . 3 – A M & V no PEE**. Brasília: v. 17
- ANEEL. **Guia Prático de Chamadas Públicas para Proponentes**. 1ª. ed. Brasília: 2016.
- ANEEL. **Guia Prático de Chamadas Públicas para Distribuidoras**. 1ª ed. Brasília: 2016.
- ANEEL. **Revista De Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/publicacoes/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- ANEEL. **Resolução Normativa nº 830/18 - Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE**, 2018a.
- ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) Publicado através da resolução no 556/13, com alterações da resolução 830/2018**, 2018b.
- ANEEL. **Chamadas Públicas - Programa de Eficiência Energética - ANEEL**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 15 jul. 2019c.
- ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) Publicado através da resolução no 556/13, com alterações da resolução 830/2018**. 2018d.
- ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) Publicado através da resolução no 556/13, com alterações da resolução 830/2018**, 2018e.
- ANEEL; PROPEE. **Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE**, 2018.

ANTONELLI, D. **Uma contribuição para o cálculo simplificado de perdas técnica regulatórias em redes otimizadas e distribuição de energia elétrica.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Dissertação (Mestrado), 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000 Presidência da República Casa Civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2000. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/blei20009991.pdf>>

BRASIL. **Lei nº 10.295/2001- Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá Outras Providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2001a. Disponível em:

<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10295.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 15 jul. 2019

BRASIL. **Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001 - Define os procedimentos e as responsabilidades para o estabelecimento dos indicadores e dos níveis de eficiência energética e também instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2001b. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/D4059.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm)>. Acesso em: 15 jul. 2019

BRASIL. **Instrução Normativa MPOG/SLTI Nº2, de 04 de junho de 2014.** Brasília, Brasil Governo Federal, , 2014. Disponível em:

<<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=05/06/2014&jornal=1&pagina=102&totalArquivos=164.>>

CB3E et al. Manual para etiquetagem de edificações públicas. p. 212, 2014.

CEPEL. **Guia para eficiência energética nas edificações públicas.** Rio de Janeiro: 2014, 2014.

DESIGN BUILDER. ANSI / ASHRAE Standard 140-2011 Building Thermal Envelope and Fabric Load Tests, Design Builder Version 4.2. v. 0, 2014.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação e base de dados para tintas acrílica e PVA.** Campinas - SP: Universidade Estadual de Campinas, Tese (Doutorado), 2008.

ELETROBRAS. **Selo Procel Edificações.** Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE85A0ACC-8C62-465D-9EBD-47FF3BAECDAE%7D#1>>. Acesso em: 15 jul. 2019a.

ELETROBRAS, L. U. M. **PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes.** Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/glossario/transmitancia/>>. Acesso em: 10 jan. 2020b.

ELETROBRAS PROCEL. **Regulamento do selo procel de economia de energia**. 1. ed. Brasília: 2015, 2015. v. 3

ENERGIA, C. **Procel empenhou 70% do orçamento de 2018 | CanalEnergia**. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53129252/procel-empenhou-70-do-orcamento-de-2018>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

EPE/MME. Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil: Indicadores e Análises Setoriais. Série “Estudos de eficiência energética”. Nota técnica DEA 025/17. p. 107, 2017.

EPE/MME. Plano Decenal de Expansão de Energia 2027. v. 66, p. 37–39, 2018.

EPE/MME. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019 ano base 2018. 2019.

EPE, E. D. P. E. Leilões de Energia Nova de 2017. p. 6, 2017.

EVO. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance-PIMVP**.

Disponível em: <[http://www.abesco.com.br/wp-content/uploads/2015/07/PIMVP\\_2012-PTBR.pdf](http://www.abesco.com.br/wp-content/uploads/2015/07/PIMVP_2012-PTBR.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2019.

FARIA, A. F. **Eficiência Energética e Geração Distribuída: Estudo de Caso Aplicado a Sistema de Iluminação, Condicionamento Ambiental e Adição de Fonte Incentivada de Energia Elétrica. Programa**. Goiânia: Instituto Federal de Goiás, Dissertação (Mestrado), 2016.

FARIA, A. F. et al. Energy efficiency and renewable energy: Energy, economics and environment gains. **2017 IEEE URUCON**, p. 1–4, 2017.

FERGUSON, S. C. ASHRAE Standing Standard Project Committee 90.1 Cognizant TC: TC 7.6., Systems Energy Utilization SPLS Liaison: Mark Modera ASHRAE Staff Liaison. v. 2013, p. 404–636, 2013.

INMET. :: **INMET - Instituto Nacional de Meteorologia** :: Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética para Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas - RTQ-C Publicado através da portaria nº 372/10, com alterações das portarias: nº17/12 e nº299/13**. Brasília: 2013, 2013.

INMETRO; PROCEL; ELETROBRAS. **Manual para Aplicação do RAC: Versão 1**. Brasília: \_, 2013.

KNIJNIK, D. C. **Aplicação da Norma Ashrae 90.1 e da certificação LEED em Edificação comercial**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

LETIANE, B.; GRACE, T. C.; CRISTIANA, R. Labelling of the Energetic Efficiency on a

Case Study in Passo Fundo, RS, Brazil, in Accordance with the Mentioned Methods under the Respective Brazilian Regulation—RTQ-C. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 12, n. 5, 2018.

MCCORMICK, K. et al. Advancing sustainable solutions: an interdisciplinary and collaborative research agenda. **Journal of Cleaner Production**, 2016.

MELO, A. P.; SORGATO, M.; LAMBERTS, R. Building energy performance assessment: Comparison between ASHRAE standard 90.1 and Brazilian regulation. *Energy and Buildings*. **Energy and Buildings**, p. 372–383, 2014.

MME. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: Eletrobrás, 2007. v. 4

MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília: Eletrobrás, 2011.

MME. **Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética**. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cgiee>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

MOREIRA, J. R. S. et al. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

OVÍDIO, C. et al. Aplicação da Etiquetagem do Nível de Eficiência de Edifícios RTQ-C. n. 505, p. 2599–2617, 2012.

PAULSE, P. D. C. **Análise do desempenho termoenergético de escolas públicas segundo aplicação do RTQ-C para Envoltória**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Dissertação (Mestrado), 2016.

PROCEL. **Etiquetagem**. Disponível em:

<<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/publica/diretrizes-etiquetagem>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

PROCEL et al. **Diretrizes para Obtenção de Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. Brasília: CB3E, 2014.

PROCEL et al. Manual para Aplicação do RTQ-C: Versão 4. p. 213, 2017.

PROCEL. Plano Anual De Aplicação De Recursos Do Procel (Par/2017). 2018.

PROCEL, S. et al. Resultados - Procel 2019 - Ano Base 2018. 2019.


RESEARCHER, J. et al. Supplemental File S2. List of 15,364 signatories from 184 countries. **Bioscience**, v. 67, n. 12, p. 1–9, 2017.

RUPP, R. F.; FONSECA, R. W. DA; GARCIA, E. **Nota técnica 20/16 CB3E - sobre a consideração de aberturas com sistemas de proteções solares paralelas à fachada – método prescritivo**, Florianópolis, Brasil, 2016.

## ANEXOS

## ANEXO A

## FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ETIQUETAGEM

		<b>INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA</b>			<b>REF: ETIQUETAGEM SE/001-PBE</b>	
		<b>SOLICITAÇÃO DE ETIQUETAGEM</b>			<small>DATA APROVAÇÃO</small>	<small>ORIGEM:</small>
					<small>REVISÃO:</small>	<small>DATA ÚLTIMA REVISÃO:</small>

01	NOME/RAZÃO SOCIAL DA EMPRESA SOLICITANTE							
02	CNPJ / CPF			03	ENDEREÇO			
04	NÚMERO	05	COMPLEMENTO	06	BAIRRO	07	MUNICÍPIO / UF	
08	CEP	09	TELEFONE	10	FAX	11	E-MAIL	
12	NOME DA EDIFICAÇÃO							
13	TIPO DE ETIQUETA SOLICITADA							
14	DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO PARA O QUAL É SOLICITADA A ETIQUETAGEM							
15	BLOCO(S), PAVIMENTO OU PARCELA		16	ETAPA DE INSPEÇÃO	17		ENDEREÇO DA EDIFICAÇÃO A SER ETIQUETADA	
18	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE PROJETO				19	ÁREA (m <sup>2</sup> )	20	DATA DA SOLICITAÇÃO
21	NOME DO SOLICITANTE				22			CARIMBO E ASSINATURA DO SOLICITANTE

## ANEXO B

## TERMO DE COMPROMISSO



**MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA  
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM**

**TERMO DE COMPROMISSO**

Este documento representa um Termo de Compromisso entre o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia e o solicitante da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE de Edificações, em conformidade com as regras e procedimentos definidos pelo RAC de Edificações.

**DADOS DA EMPRESA SOLICITANTE (caso o solicitante seja pessoa jurídica)**

<b>NOME:</b>		<b>RAZÃO SOCIAL:</b>	
<b>ENDEREÇO:</b>			
<b>CEP:</b>	<b>CIDADE (UF)</b>	<b>PAÍS</b>	
<b>CNPJ:</b>	<b>INSC. ESTADUAL:</b>	<b>Nº. REGISTRO CONTRATO SOCIAL</b>	
<b>FONE:</b>	<b>FAX:</b>	<b>E-MAIL:</b>	

**DADOS DO RESPONSÁVEL PELA EMPRESA SOLICITANTE OU DO SOLICITANTE (caso seja pessoa física)**

<b>NOME:</b>		<b>CPF:</b>	
<b>ENDEREÇO:</b>			
<b>CEP:</b>	<b>CIDADE (UF)</b>	<b>PAÍS</b>	
<b>CARGO/FUNÇÃO:</b>			
<b>FONE:</b>	<b>FAX:</b>	<b>E-MAIL:</b>	

## ANEXO C

## TERMO DE CIENCIA SOBRE O ENTORNO



**MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA  
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM**

**TERMO DE CIÊNCIA SOBRE O ENTORNO**

Este documento representa um Termo de Ciência sobre o Entorno, assinado pelo solicitante da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE de Edificações, interessado em utilizar o sombreamento de edificações vizinhas para obter nível de eficiência energética mais elevado, em conformidade com as regras e procedimentos definidos no RAC de Edificações.

**DADOS DA EMPRESA SOLICITANTE (caso o solicitante seja pessoa jurídica)**

<b>NOME:</b>		<b>RAZÃO SOCIAL:</b>	
<b>ENDEREÇO:</b>			
<b>CEP:</b>	<b>CIDADE (UF)</b>	<b>PAÍS</b>	
<b>CNPJ:</b>	<b>INSC. ESTADUAL:</b>	<b>Nº. REGISTRO CONTRATO SOCIAL</b>	
<b>FONE:</b>	<b>FAX:</b>	<b>E-MAIL:</b>	

**DADOS DO RESPONSÁVEL PELA EMPRESA SOLICITANTE OU DO SOLICITANTE (caso seja pessoa física)**

<b>NOME:</b>		<b>CPF:</b>	
<b>ENDEREÇO:</b>			
<b>CEP:</b>	<b>CIDADE (UF)</b>	<b>PAÍS</b>	
<b>CARGO/FUNÇÃO/PROFISSÃO:</b>			
<b>FONE:</b>	<b>FAX:</b>	<b>E-MAIL:</b>	

## ANEXO D

## EXEMPLO DE QUADRO RESUMO RELACIONANDO A DOCUMENTAÇÃO ENVIADA AO OIA

<b>QUADRO RESUMO</b>		
<b>Nome / razão social da empresa solicitante:</b>		
<b>Nome da edificação:</b>		
<b>Cidade/UF:</b>		<b>Folha XX de XX</b>
<b>Nº</b>	<b>Nome/Conteúdo do documento</b>	<b>Arquivo eletrônico</b>
1	Quadro Resumo da documentação	Quadro_resumo.doc <sup>1</sup>
2	Solicitação de etiquetagem	Solicitacao.doc <sup>1</sup>
3	Especificações de vidros	Vidros.doc <sup>1</sup>
4	Especificações de materiais impermeabilizantes	Impermeabilizantes.doc <sup>1</sup>
5	Especificações do sistema de aquecimento de água	Aquecimento_agua.doc <sup>1</sup>
6	Declaração do sistema de aquecimento de água	Declaracao_aquecimentoagua.doc <sup>1</sup>
7	Laudo do elevador	Laudo_elevador.doc <sup>1</sup>
8	Laudo dos isolantes térmicos	Laudo_isolamento.doc <sup>1</sup>
9	Laudo do projetista cond. ar central	Laudo_cond_ar_central.doc <sup>1</sup>
10	Laudo de ensaio de absorções	Laudo_absortancias.doc <sup>1</sup>
11	Documentos Fiscais	Documentos_Fiscais.doc <sup>2</sup>
12	ART	ART.doc <sup>2</sup>
13	Levantamento fotográfico	Fotografias.jpg
14	Memorial descritivo	Memorial.doc <sup>1</sup>
15	Proj. Arquitetura – Plantas baixas	ARQ-Plantas_baixas.dwg
16	Fachadas	ARQ-Fachadas.dwg
17	Cortes	ARQ-Cortes.dwg
18	Detalhes construtivos	Detalhes.dwg
19	Detalhes de esquadrias	Esquadrias.doc <sup>1</sup>
20	Projeto luminotécnico	Lumin.dwg
21	Projeto Hidrossanitário	Hidro.dwg
22	Análise de redução do consumo de água	Agua.doc <sup>1</sup>
23	...	...



## ANEXO E

## ABSORTÂNCIAS MÉDIAS POR FAIXA DO ESPECTRO

Tipo	N°	Nome Comercial	UV	VIS	IV	TOT	Tipo	N°	Nome Comercial	UV	VIS	IV	TOT	
Metalatex Acrilica Fosca	1	Amarelo Antigo	96,0	54,7	54,6	56,1	Novacor Látex PVA Fosca	40	Branco Gelo	92,9	33,9	38,9	39,9	
	2	Amarelo Terra	96,7	69,6	62,6	65,1		41	Erva doce	92,6	25,5	23,5	26,4	
	3	Areia	95,4	45,8	51,7	52,2		42	Flamingo	94,9	53,5	45,8	49,0	
	4	Azul	95,1	86,8	60,9	66,8		43	Laranja	95,2	49,5	33,5	38,6	
	5	Azul Imperial	94,4	63,4	75,8	74,2		44	Marfim	94,1	32,3	32,4	34,6	
	6	Branco	94,9	14,0	28,4	28,2		45	Palha	94,1	32,7	27,7	31,0	
	7	Branco Gelo	95,0	36,5	46,4	46,4		46	Pérola	93,6	26,9	30,3	32,0	
	8	Camurça	95,0	60,1	60,6	61,8		47	Pêssego	94,7	43,4	41,9	44,1	
	9	Concreto	95,4	74,1	79,5	79,1		Suviniil Acrilica Fosca	48	Alecrim	95,5	64,2	68,1	68,4
	10	Flamingo	96,1	55,0	50,5	53,0			49	Azul bali	95,7	60,1	45,2	49,7
	11	Jade	94,5	50,7	61,0	60,3			50	Branco Neve	92,2	10,0	18,2	19,4
	12	Marfim	94,5	34,6	42,5	43,0			51	Branco Gelo	91,9	28,5	37,1	37,5
	13	Palha	94,8	36,7	45,4	45,6			52	Camurça	94,9	57,3	59,9	60,7
	14	Pérola	95,1	34,0	40,9	41,6			53	Concreto	94,3	71,6	75,0	75,1
	15	Pêssego	95,2	43,7	50,0	50,5			54	Marfim	92,0	29,3	30,4	32,4
	16	Tabaco	95,0	79,4	77,6	78,6			55	Marrocos	95,6	61,6	52,2	55,5
	17	Terracota	96,1	70,1	62,3	65,0			56	Mel	95,9	47,8	43,1	45,9
Metalatex Acrilica Semi-brilho	18	Amarelo Antigo	95,3	53,6	53,7	55,2	57		Palha	93,0	28,4	32,8	34,2	
	19	Amarelo Terra	95,7	71,7	69,3	70,7	58		Pérola	91,8	24,4	26,9	28,8	
	20	Azul	95,4	87,4	73,8	77,1	59	Pêssego	93,7	38,5	39,2	41,1		
	21	Branco Gelo	94,3	33,0	50,4	48,9	60	Telha	95,9	76,8	67,9	70,6		
	22	Cinza	95,0	84,8	90,6	89,7	61	Vanila	92,5	29,1	24,9	28,1		
	23	Cinza BR	94,4	56,2	73,7	71,2	Suviniil Látex PVA Fosca	62	Amarelo Canário	93,3	32,4	22,2	26,7	
	24	Crepúsculo	94,2	67,1	70,8	71,0		63	Areia	91,6	39,2	35,6	38,3	
	25	Flamingo	94,9	52,6	50,7	52,7		64	Azul Profundo	96,0	83,1	69,5	72,9	
	26	Marfim	94,3	35,0	43,0	43,4		65	Branco Neve	92,7	14,0	27,2	27,2	
	27	Palha	94,1	37,4	52,6	51,3		66	Branco Gelo	92,1	28,5	31,6	33,3	
	28	Pérola	94,3	33,5	46,6	45,9		67	Camurça	94,0	56,9	51,9	54,4	
	29	Preto	96,0	96,7	98,0	97,7		68	Cerâmica	96,6	73,4	58,3	62,5	
	30	Telha	95,3	78,3	58,6	63,5		69	Concreto	95,6	71,9	75,1	75,3	
	31	Terracota	95,8	72,8	66,9	69,1		70	Flamingo	94,2	51,6	39,0	43,3	
	32	Verde Quadra	94,1	88,6	58,5	65,2		71	Marfim	93,5	28,0	25,4	28,4	
	33	Vermelho	93,3	71,1	59,1	62,6		72	Palha	91,3	28,6	29,7	31,8	
Novacor Látex PVA Fosca	34	Amarelo Canário	94,2	36,1	26,9	31,1	73	Pérola	92,5	25,5	26,0	28,3		
	35	Amarelo Terra	95,8	66,6	58,4	61,3	74	Pêssego	92,5	35,2	28,1	31,7		
	36	Areia	94,1	42,9	38,1	41,1	75	Preto	97,1	97,1	98,2	98,0		
	37	Azul angra	93,0	34,9	32,5	35,2	76	Vanila	93,0	32,6	27,8	31,1		
	38	Bianco Sereno	92,4	27,8	29,3	31,3	77	Verde Musgo	96,5	83,5	76,7	78,7		
	39	Branco	92,8	10,9	17,1	18,7	78	Vermelho Cardinal	96,4	72,2	57,0	61,2		

## ANEXO F

LIMITE MÁXIMO ACEITÁVEL DE DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO (DPI<sub>L</sub>) PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA PRETENDIDO – MÉTODO DA ÁREA DO EDIFÍCIO

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

**ANEXO G**  
**DADOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO**

SISTEMA ATUAL				
0	Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
1	Tipo de lâmpada			
2	Potência (lâmpada + reator) (W)	$pa_1$		
3	Quantidade	$qa_1$		
4	Potência Instalada (kW)	$Pa_1 = \frac{pa_1 \times qa_1}{1.000}$		
5	Funcionamento (h/ano)	$ha_1$		
6	FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPa_1 = \frac{Da_1}{Pa_1}$		
7	Energia Consumida (MWh/ano)	$Ea_1 = \frac{Pa_1 \times ha_1}{1.000}$		$Ea = \sum Ea_i$
8	Demanda média na ponta (kW)	$Da_1$		$Da = \sum Da_i$
SISTEMA PROPOSTO				
10	Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
11	Tipo de lâmpada			
12	Potência (lâmpadas + reatores) (W)	$pp_1$		
13	Quantidade	$qp_1$		
14	Potência Instalada (kW)	$Pp_1 = \frac{pp_1 \times qp_1}{1.000}$		
15	Funcionamento (h/ano)	$hp_1$		
16	FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPp_1 = \frac{Dp_1}{Pp_1}$		
17	Energia Consumida (MWh/ano)	$Ep_1 = \frac{Pp_1 \times hp_1}{1.000}$		$Ep = \sum Ep_i$
18	Demanda média na ponta (kW)	$Dp_1$		$Dp = \sum Dp_i$
RESULTADOS ESPERADOS				
20	Sistema 1	Sistema 2	...	TOTAL
21	Redução de Demanda na Ponta (kW)	$RDP_1 = Da_1 - Dp_1$		$RDP = \sum RDP_i$
22	Redução de Demanda na Ponta (%)	$RDP_1\% = \frac{RDP_1}{Da_1}$		$RDP\% = \frac{RDP}{Da}$
23	Energia Economizada (MWh/ano)	$EE_1 = Ea_1 - Ep_1$		$EE = \sum EE_i$
24	Energia Economizada (%)	$EE_1\% = \frac{EE_1}{Ea_1}$		$EE\% = \frac{EE}{Ea}$

## ANEXO H

## DADOS DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

SISTEMA ATUAL				
0		Sistema 1	Sistema 2 ...	TOTAL
1	Tipo de equipamento/tecnologia			
2	Potência refrigeração (btu/h)	$pa_1$		
3	Coefficiente de eficiência energética (W/W)	$ca_1$		
4	Quantidade	$qa_1$		
5	Potência Instalada (kW)	$Pa_1 = \frac{pa_1 \times 0,293 \times qa_1}{1.000 \times ca_1}$		
6	Potência média utilizada (kW)	$Pua_1$		
7	Funcionamento (h/ano)	$ha_1$		
8	FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPa_1$		
9	Energia Consumida (MWh/ano)	$Ea_1 = \frac{Pua_1 \times ha_1}{1.000}$		$Ea = \sum Ea_i$
10	Demanda média na ponta (kW)	$Da_1 = Pua_1 \times FCPa_1$		$Da = \sum Da_i$
SISTEMA PROPOSTO				
		Sistema 1	Sistema 2 ...	TOTAL
11	Tipo de equipamento/tecnologia			
12	Potência refrigeração (btu/h)	$pp_1$		
13	Coefficiente de eficiência energética (W/W)	$cp_1$		
14	Quantidade	$qp_1$		
15	Potência Instalada (kW)	$Pp_1 = \frac{pp_1 \times 0,293 \times qa_1}{1.000 \times ca_1}$		
16	Potência média utilizada (kW)	$Pup_1$		
17	Funcionamento (h/ano)	$hp_1$		
18	FCP (fator de coincidência na ponta)	$FCPp_1$		
19	Energia Consumida (MWh/ano)	$Ea_1 = \frac{Pup_1 \times hp_1}{1.000}$		$Ep = \sum Ep_i$
20	Demanda média na ponta (kW)	$Da_1 = Pup_1 \times FCPp_1$		$Dp = \sum Dp_i$
RESULTADOS ESPERADOS				
		Sistema 1	Sistema 2 ...	TOTAL
21	Redução de Demanda na Ponta (kW)	$RDP_1 = Da_1 - Dp_1$		$RDP = \sum RDP_i$
22	Redução de Demanda na Ponta (%)	$RDP_1\% = \frac{RDP_1}{Da_1}$		$RDP\% = \frac{RDP}{Da}$
23	Energia Economizada (MWh/ano)	$EE_1 = Ea_1 - Ep_1$		$EE = \sum EE_i$
24	Energia Economizada (%)	$EE_1\% = \frac{EE_1}{Ea_1}$		$EE\% = \frac{EE}{Ea}$

## ANEXO I

### SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INICIAL

SISTEMA EXISTENTE				
AMBIENTE	MODELO DOS EQUIPAMENTOS	LUMINÁRIA	LÂMP/ LUM	TOTAL
Terreo - Hall Principal	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	15	2	30
Terreo - Hall Principal	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	1	2	2
Terreo - Sanitário Feminino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
Terreo - Sanitário Masculino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
Terreo - Sala Apoio Administrativo	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	1	2	2
Terreo - Sala de Professores	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	6	2	12
Terreo - Sala de Professores	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	1	2	2
Terreo - Copa Sala Professores	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	1	2	2
Terreo - Sanitário Feminino Professores	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	1	2	2
Terreo - Sanitário Masculino Professores	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	1	2	2
Terreo - UFGNET	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	1	2	2
Terreo - ELO Junior	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Sala de estudos	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	19	2	38
Terreo - Circulacao	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	15	2	30
Terreo - Zeladoria	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	2	2	4
Terreo - Copiadora	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 01	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 02	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 03	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 04	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 05	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	4	2	8
Terreo - Ante Camara	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	2	2	4
Terreo - Escada	LÂMPADA BULBO 3000K LFC 20W	5	1	5
1 Pav - Hall Principal	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	14	2	28
1 Pav - Hall Principal	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	1	2	2
1 Pav - Sanitário Feminino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
1 Pav - Sanitário Masculino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
1 Pav - Sala Aula 1	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 2	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 3	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 4	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 5	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	15	2	30
1 Pav - Circulacao	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
1 Pav - UFGNET	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	1	2	2
1 Pav - Ante camara	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	2	2	4
1 Pav - Escada	LÂMPADA BULBO 3000K LFC 20W	4	1	4
1 Pav - Terraco (sacada)	LÂMPADA BULBO 3000K LFC 20W	2	1	2
1 Pav - Terraco	LÂMPADA BULBO 3000K LFC 25W	2	1	2
1 Pav - Escada	LÂMPADA BULBO 3000K LFC 25W	3	1	3
2 Pav - Hall	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	14	2	28
2 Pav - Sanitário Feminino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
2 Pav - Banheiro Masculino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
2 Pav - Sala 204	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
2 Pav - Sala 203	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
2 Pav - Sala 202	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
2 Pav - Sala 201	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
2 Pav - Circulacao	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
2 Pav - Hall Banheiro Masculino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	1	2	2
3 Pav - Sala 304	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
3 Pav - Sala 303	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
3 Pav - Sala 302	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
3 Pav - Sala 301	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
3 Pav - Circulacao	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	11	2	22
3 Pav - Lab Informática	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
3 Pav - Hall banheiro masculino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 20W	1	2	2
3 Pav - Banheiro masculino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
3 Pav - Banheiro Feminino	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	3	2	6
2 Pav - Lab de informatica	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	12	2	24
2 Pav - UFGNET	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	1	2	2
3 Pav - Sala 205	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	15	2	30
2 Pav - Ante Camara	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	2	2	4
3 Pav - Ante Camara	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 16W	2	2	4
3 Pav - UFGNET	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	1	2	2
3 Pav - Sala 305	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	15	2	30
3 Pav - Hall	LÂMPADA TUBOLAR FLUORESCENTE 32W	14	2	28
2 Pav - Escada	LÂMPADA BULBO 3000K LFC 25W	5	1	5

## ANEXO J

## SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÓS-RETROFIT

SISTEMA PRO POSTO				
AMBIENTE	MODELO DOS EQUIPAMENTOS	LUMINÁRIA	LÂMP/LUM	TOTAL
Terreo - Hall Principal	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	15	2	30
Terreo - Hall Principal	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
Terreo - Sanitario Feminino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
Terreo - Sanitario Masculino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
Terreo - Sala Apoio Administrativo	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	1	2	2
Terreo - Sala de Professores	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	6	2	12
Terreo - Sala de Professores	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
Terreo - Copa Sala Professores	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
Terreo - Sanitario Feminino Professores	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
Terreo - Sanitario Masculino Professores	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
Terreo - UFGNET	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	1	2	2
Terreo - ELO Junior	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Sala de estudos	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	19	2	38
Terreo - Circulacao	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	15	2	30
Terreo - Zeladoria	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	2	2	4
Terreo - Copiadora	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 01	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 02	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 03	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 04	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Centro Academico 05	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	4	2	8
Terreo - Ante Camara	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	2	2	4
Terreo - Escada	LÂMPADA LED BULBO 11 W	5	1	5
1 Pav - Hall Principal	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	14	2	28
1 Pav - Hall Principal	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
1 Pav - Sanitario Feminino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
1 Pav - Sanitario Masculino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
1 Pav - Sala Aula 1	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 2	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 3	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 4	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
1 Pav - Sala Aula 5	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	15	2	30
1 Pav - Circulacao	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
1 Pav - UFGNET	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	1	2	2
1 Pav - Ante camara	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	2	2	4
1 Pav - Escada	LÂMPADA LED BULBO 11 W	4	1	4
1 Pav - Terraco (sacada)	LÂMPADA LED BULBO 11 W	2	1	2
1 Pav - Terraco	LÂMPADA LED BULBO 10 W	2	1	2
1 Pav - Escada	LÂMPADA LED BULBO 10 W	3	1	3
2 Pav - Hall	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	14	2	28
2 Pav - Sanitario Feminino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
2 Pav - Banheiro Masculino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
2 Pav - Sala 204	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
2 Pav - Sala 203	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
2 Pav - Sala 202	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
2 Pav - Sala 201	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
2 Pav - Circulacao	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
2 Pav - Hall Banheiro Masculino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	1	2	2
3 Pav - Sala 304	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
3 Pav - Sala 303	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
3 Pav - Sala 302	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
3 Pav - Sala 301	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
3 Pav - Circulacao	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	11	2	22
3 Pav - Lab Informatica	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
3 Pav - Hall banheiro masculino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	1	2	2
3 Pav - Banheiro masculino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
3 Pav - Banheiro Feminino	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	3	2	6
2 Pav - Lab de informatica	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	12	2	24
2 Pav - UFGNET	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	1	2	2
3 Pav - Sala 205	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	15	2	30
2 Pav - Ante Camara	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	2	2	4
3 Pav - Ante Camara	LÂMPADA LED TUBULAR T8 9 W	2	2	4
3 Pav - UFGNET	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	1	2	2
3 Pav - Sala 305	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	15	2	30
3 Pav - Hall	LÂMPADA LED TUBULAR T8 18W	14	2	28
2 Pav - Escada	LÂMPADA LED BULBO 10 W	5	1	5

## ANEXO L

### ORÇAMENTO PARA ESTRUTURAÇÃO DE PROCESSO EM EDIFICAÇÃO COM 1.560,00 m<sup>2</sup> DE ÁREA CONSTRUÍDA

#### 5. VALORES E FORMAS DE PAGAMENTO

Os honorários desta proposta são organizados da seguinte forma:

##### 5.1. Para emissão da ENCE :

PRODUTOS	R\$ PARCIAL	R\$ TOTAL
PRODUTO 1	3.000,00	42.000,00
PRODUTO 2.1	5.800,00	
PRODUTO 2.2	4.200,00	
PRODUTO 2.3	5.000,00	
PRODUTO 3	4.000,00	
PRODUTO 4	6.000,00	
PRODUTO 5	6.000,00	
PRODUTO 6	8.000,00	

Produto 1 – Pagamento deverá ser realizado na assinatura do contrato.

Produto 2 – Poderá ser entregue na íntegra, ou em partes, conforme divisão dos 3 sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar

OBS 1: A data de início dos serviços de consultoria é condicionada ao aceite formal desta proposta, assinatura de contrato e envio de dados e projetos.

OBS 2: Nesta proposta não estão incluídos os valores de oficialização de certificações juntos aos Organismos responsáveis.

## ANEXO M

### ORÇAMENTO DO OIA PARA EDIFICAÇÃO COM 1.560,00 m<sup>2</sup> DE ÁREA CONSTRUÍDA

#### 4) PREÇO, CONDIÇÕES E FORMA DE PAGAMENTO POR EVENTO.

**PROCESSO DE INSPEÇÃO E EMISSÃO DA ETIQUETA: R\$ 21.700,00 (VINTE E UM MIL E SETECENTOS REAIS).**

O valor acima cobre as seguintes fases do processo de inspeção:

- Abertura formal do processo de etiquetagem;
- Avaliação documental dos processos de inspeção;
- Inspeção de Edificação Construída;
- Planejamento das avaliações;
- Emissão dos relatórios de inspeção;
- Encaminhamento dos processos para avaliação do Inmetro;
- Emissão das Etiquetas de Eficiência Energética.

**4.2** - Inspeção extra será cobrada o valor de R\$ 8.000,00, no caso de ocorrência de não conformidade que requeira verificação.

**4.3** – As despesas de deslocamento, hospedagem e alimentação dos inspetores, não estão inclusos nesta proposta, é de responsabilidade da CONTRATANTE.

Obs. O custo deste orçamento pode diferir em relação a outras edificações em função da complexidade do processo de etiquetagem envolvido.