

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANA CLAUDIA MENONCIN LOPER**

**ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO DE AGÊNCIAS BANCÁRIAS  
SEGUNDO PARÂMETROS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE  
ETIQUETAGEM**

**DISSERTAÇÃO**

**CURITIBA**

**2019**

**ANA CLAUDIA MENONCIN LOPER**

**ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO DE AGÊNCIAS BANCÁRIAS  
SEGUNDO PARÂMETROS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE  
ETIQUETAGEM**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger  
Co-orientador: Prof. Dr. Ing-Liang Wong

**CURITIBA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

Loper, Ana Claudia Menoncin

Análise do consumo energético de edificações bancárias segundo parâmetros do programa brasileiro de etiquetagem [recurso eletrônico] / Ana Claudia Menoncin Loper.-- 2019.

1 arquivo texto (108 f.): PDF; 11,6 MB MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Título extraído da tela de título (visualizado em 27 nov. 2019).

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2019.

Bibliografia: p. 95-100

1. Engenharia civil - Dissertações. 2. Energia - Consumo - Curitiba, Região Metropolitana de (PR). 3. Edifícios comerciais - Consumo de energia. 4. Bancos - Paraná. I. Krüger, Eduardo, 1965-, orient. II. Wong, Ing-Liang, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, inst. IV. Título.

---

CDD: Ed. 23 -- 624

Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba  
Bibliotecária: Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271  
Aluna de Biblioteconomia: Josiane Mangueira



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

## TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº181

A Dissertação de Mestrado intitulada ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO DE AGÊNCIAS BANCÁRIAS SEGUNDO PARÂMETROS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Ana Claudia Menoncin Loper**, no dia 13 de setembro de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Meio Ambiente, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

### BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Eduardo Leite Krüger – Presidente – UTFPR

Prof(a). Dr(a). Alfredo Iarozinski Neto – UTFPR

Prof(a). Dr(a). Roberta Vieira Gonçalves de Souza – UFMG

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 13 de setembro de 2019.

Dedico este trabalho à minha família,  
Ailson, Vitor e Joana.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar forças e me acompanhar ao longo de todo o processo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), pela acolhida, e aos professores, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao meu orientador, professor doutor Eduardo Leite Krüger, e ao meu co-orientador, professor doutor Ing-Lian Wong, pelo conhecimento transmitido, experiências compartilhadas e firme apoio concedido durante o andamento da pesquisa.

Ao professor doutor Alfredo Iarozinski Neto, por compartilhar seu saber e pela demonstração de comprometimento com a ciência, e à professora Janine Nicolosi Correa, por contribuir com sua valorosa experiência profissional e pessoal.

À instituição bancária estudada nesta pesquisa, em especial aos profissionais Fabiano Kiyoshi Mori e Marcio Ferreira de Lima, que contribuíram diretamente, disponibilizando tempo e atenção, essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas do PPGEC, pelo apoio e esclarecimentos, e ao Sergio Leandro Batista, pelo apoio na compilação dos dados.

À Comissão Regional de Obras 5, pelo incentivo ao aprimoramento da minha formação acadêmica e profissional.

Ao meu esposo, Ailson, pelo suporte, compreensão, amor e carinho que possibilitaram a conclusão do trabalho, aos meus filhos, Vitor e Joana, razão do meu viver, e às avós, Lourdes Terezinha Rossato e Carmelita Borges, pelo incentivo e assistência com as crianças.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, de forma sincera, expesso meus agradecimentos.

*“Porque aqueles que são loucos o suficiente para pensar que podem mudar o mundo, são os que de fato mudam.”*

(Steve Jobs, 1997)

## RESUMO

LOPER, Ana Claudia Menoncin. **Análise do consumo energético de agências bancárias segundo parâmetros do programa brasileiro de etiquetagem**. 2019. Número total de folhas: 108. Dissertação. Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE EDIFICA) é um instrumento de classificação da eficiência energética brasileira que objetiva reduzir o consumo energético nas edificações. Este trabalho analisa o consumo de energia elétrica em edificações bancárias e a relação com os níveis de eficiência energética, obtidos pelo método prescritivo, do RTQ-C, e pelo método simplificado, da proposta de aperfeiçoamento do regulamento, a INI-C, do PBE EDIFICA. Foram utilizados dados gerais de 72 agências bancárias, pertencentes à mesma instituição, localizadas em Curitiba e Região Metropolitana, com dados do consumo energético no período de 2014 a 2016. Dessas 72 agências, foram utilizados dados de projeto de 32, realizada vistoria em 12 edificações e cálculo do nível de eficiência energética, através dos dois regulamentos, de 11 edificações bancárias. O Box Plot da intensidade de consumo real, das 72 agências bancárias, teve menor amplitude em comparação ao *benchmarking* nacional de consumo energético para agências bancárias. Através da análise de correlação tau de Kendall, utilizando dados de 11 edificações bancárias, foi possível identificar que é fraca a correlação entre o nível de eficiência energética geral e a intensidade de consumo energético real, calculados através dos regulamentos vigente ( $\tau = ,220$ ) e proposto ( $\tau = -,131$ ). Houve correlação moderada inversa com a área e a intensidade de consumo real ( $\tau = -,527^*$ ). A correlação entre os níveis de eficiência, calculados pelo regulamento atual e proposto de aperfeiçoamento, identificou que houve alterações significativas no método de cálculo da envoltória, condicionamento de ar e classificação geral, pois estes apresentaram baixos índices de correlação. No entanto houve alta correlação entre os níveis de eficiência energética do sistema de iluminação, calculados pelos dois regulamentos, que refletem que para esse sistema houve pouca alteração no método de cálculo. Como melhoria para o processo de etiquetagem brasileiro recomenda-se desenvolver uma tabela de referência para edificações bancárias e a possibilidade de indicar a temperatura de funcionamento do sistema de condicionamento de ar, para que o cálculo da carga térmica de resfriamento, através do método simplificado do INI-C, seja mais próximo da condição real e assim possa servir para monitorar o consumo energético, alimentar a base de dados do benchmarking nacional e aprimorar o regulamento.

**Palavras-chave:** Eficiência energética em edificações. RTQ-C. INI-C. Etiquetagem. Consumo energético de edificações. Análise energética.



## ABSTRACT

LOPER, Ana Claudia Menoncin. **Analysis of the energy consumption of bank branches according Brazilian labelling regulation**. 2019. Number of pages: 108. Dissertation, Master in Civil Engineering - Federal Technology University - Parana. Curitiba, 2019.

The Brazilian Building Labeling Program (PBE EDIFICA) is a Brazilian energy efficiency rating instrument that aims to reduce energy consumption in buildings. This paper analyzes the consumption of electricity in bank buildings and the relationship with the energy efficiency levels obtained by the prescriptive method of the RTQ-C and by the simplified method of the proposal to improve the regulation, INI-C, of the PBE-EDIFICA. General data were used from 72 bank branches, belonging to the same institution, located in Curitiba and the Metropolitan Region, with energy consumption data from 2014 to 2016. From these 72 branches, we used project data from 32, carried out survey in 12 buildings and calculated the energy efficiency level, by means of the two regulations, for 11 bank buildings. The real consumption intensity Box Plot of the 72 bank branches was smaller compared to the national energy consumption benchmarking for bank branches. By means of Kendall's tau correlation analysis using data from 11 bank buildings, it was possible to identify that correlation between the general energy efficiency level and the actual energy consumption intensity is weak, calculated according to the current ( $T = , 220$ ) and proposed ( $T = -, 131$ ) regulations. There was a moderate inverse correlation with the area and intensity of energy consumption ( $T =, - 527 *$ ). The correlation between efficiency levels, calculated by the current regulation and by the improvement proposal, identified that there were significant changes in the method of calculation of the envelope, air conditioning and general classification, as these presented low correlation indices. However, there was a high correlation between the energy efficiency levels of the lighting system, calculated by the two regulations, which reflects that for this system there was little change in the calculation method. As an improvement to the Brazilian labeling process it is recommended to develop a reference table for bank buildings and an indication of the setpoint temperature for the air-conditioning system, so that the calculation of the cooling thermal load by means of the simplified method of INI-C can be closer to the actual condition and thus serve as an indicator of energy consumption, this way feeding the national benchmarking database and improving regulations.

**Keywords:** building energy efficiency. RTQ-C. INI-C. Labelling. Building energy consumption. Energy analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Participação de renováveis na matriz elétrica .....   | 26 |
| Figura 2 – Evolução da participação das fontes primárias na geração de eletricidade de 1990 a 2016 .....   | 26 |
| Figura 3– Matriz elétrica nacional em 2017 .....   | 27 |
| Figura 4 – Evolução da demanda de energia elétrica por segmento de consumo de 1990 a 2016 .....  | 28 |
| Figura 5 – Evolução anual das emissões de GEE associadas à geração de eletricidade de 2007 a 2016 .....  | 28 |
| Figura 6 – Etiqueta PBE Edifica de Classificação Geral .....   | 33 |
| Figura 7 – Proposta da primeira página da nova ENCE de Classificação Geral .....   | 35 |
| Figura 8 – Proposta da segunda página da nova ENCE de Classificação Geral .....  | 36 |
| Figura 9 – Proposta da terceira página da nova ENCE de Classificação Geral .....   | 37 |
| Figura 10 – Comparação das alterações propostas para a envoltória e o potencial de redução do consumo de energia elétrica do sistema de ar condicionado .....                                | 45 |
| Figura 11 – Descrição do consumo de energia do banco pelo uso final em diferentes climas (resultado de simulação) .....  | 47 |
| Figura 12– <i>Box Plot</i> de consumo, proposto no benchmark com o intervalo para os diferentes climas do Brasil.....  | 47 |
| Figura 13 – Tipologias do estudo de Alves <i>et al.</i> .....  | 49 |
| Figura 14 – Consumo por uso final, em kWh/m <sup>2</sup> /ano, por pavimento.....  | 49 |
| Figura 15 – Fluxograma da metodologia .....  | 59 |
| Figura 16 – Localização de todas as agências bancárias da instituição em Curitiba  | 62 |
| Figura 17 – Localização das agências bancárias que possuem algum projeto em Curitiba.....  | 62 |
| Figura 18 – Localização das 12 agências vistoriadas em Curitiba .....  | 63 |
| Figura 20 – Média do consumo energético (kWh/m <sup>2</sup> /ano), das 72 agências bancárias analisadas. ....  | 73 |
| Figura 21 – Média da área (m <sup>2</sup> ), das 72 agências bancárias analisadas. ....  | 74 |
| Figura 22 – Média da densidade ocupacional (pessoa/100m <sup>2</sup> ), das 72 agências bancárias analisadas.....  | 74 |
| Figura 23 – Frequência do consumo energético (kWh/m <sup>2</sup> /ano), área (m <sup>2</sup> ) e densidade ocupacional (pessoa/100m <sup>2</sup> ) das 72 agências bancárias analisadas..... | 75 |
| Figura 24 – <i>Box Plot</i> da distribuição da intensidade de consumo energético (kWh/m <sup>2</sup> /ano) das 72 agências bancárias analisadas. ....  | 76 |
| Figura 25 – Comparação entre os <i>Box Plot</i> da distribuição da intensidade de consumo energético (kWh/m <sup>2</sup> /ano) das 72 agências bancárias analisadas e do benchmarking.....   | 77 |
| Figura 26 – Agências com maior percentual de abertura e que possuem menor consumo.....   | 82 |
| Figura 27 – Agências com menor percentual de abertura e que possuem maior consumo.....   | 82 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 28 – Comparação da temperatura média mensal e consumo mensal por m <sup>2</sup> de 39 agências. ....  | 83 |
| Figura 29 – Agências com menor consumo por m <sup>2</sup> apresentaram menor variação de consumo conforme a variação da temperatura de 12 agências. .... | 84 |
| Figura 30 – Agências com maior consumo por m <sup>2</sup> apresentaram maior variação de consumo conforme a variação da temperatura de 22 agências. .... | 85 |

## LISTA DE QUADROS

|  |          |
|--|----------|
| Quadro 1–Comparativo entre RTQ-C e INI-C .....             | 39-40    |
| Quadro 2–Principais estudos similares .....                | 51-52    |
| Quadro 3–Variáveis identificadas.....                      | 64       |
| Quadro 4–Tipologias das agências bancárias.....            | 68       |
| Quadro 5–Escala das variáveis.....                         | 70-71-72 |
| Quadro 6–Cores de correlação definidas para o estudo ..... | 89       |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Pontuação da classificação Geral .....  | 32 |
| Tabela 2–Regras Práticas sobre o valor do coeficiente de correlação.....   | 55 |
| Tabela 3–Resumo das características e consumo energético (de 2014 a 2016) das 72 agências bancárias analisadas .....                 | 78 |
| Tabela 4 – Resumo das características e consumo energéticos das 72 agências analisadas .....   | 79 |
| Tabela 5 – Resumo das características das 32 agências analisadas .....   | 79 |
| Tabela 6–Matriz de Estruturas com amostra de 32 agências (14 válidas) e 20 variáveis .....   | 81 |
| Tabela 7 - Desempenho da envoltória e sistema de iluminação das 11 agências ....   | 86 |
| Tabela 8 - Desempenho do sistema de condicionamento de ar, classificação geral e consumo das 11 agências.....                        | 86 |
| Tabela 9– Intensidade de consumo (EUI) estimado pelo INI-C e real (entre os anos de 2014 a 2016) .....                               | 87 |
| Tabela 10 – Correlações encontradas entre os níveis de eficiência de 11 agências   | 89 |
| Tabela 11 – Correlações entre a área com a intensidade de consumo .....  | 90 |
| Tabela 12 – Correlações entre os níveis de eficiência energética da envoltória, calculados pelo RTQ-C e o INI-C .....                | 90 |
| Tabela 13 – Correlações entre os níveis de eficiência energética do sistema de iluminação, segundo o RTQ-C e o INI-C.....            | 91 |
| Tabela 14 – Correlações entre os níveis de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar, segundo o RTQ-C e o INI-C..... | 91 |
| Tabela 15 – Correlação entre os níveis gerais de eficiência energética, segundo o RTQ-C e o INI-C.....                               | 91 |
| Tabela 16 – Correlações com o nível de eficiência energética geral, segundo o INI-C .....  | 92 |

## LISTA DE SIGLAS

|                  |  |
|------------------|--|
| RTQ-C            | Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas |
| INMETRO          | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia   |
| ENCE             | Etiqueta Nacional de Conservação de Energia  |
| PBE EDIFICA      | Programa Brasileiro de Etiquetagem   |
| INI-C            | Instruções Normativas para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos               |
| BEN              | Balanco Energético Nacional  |
| PDE              | Plano Decenal de Expansão de Energia 2027  |
| CBCS             | Conselho Brasileiro de Construção Sustentável  |
| EUA              | Estados Unidos da América  |
| SEEG             | Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa  |
| CO <sub>2</sub>  | Dióxido de Carbono   |
| N <sub>2</sub> O | Óxido Nitroso  |
| CH <sub>4</sub>  | Gás Metano   |
| NO <sub>x</sub>  | Número de Oxidação   |
| CO               | Monóxido de Carbono  |
| GEE              | Gases de Efeito Estufa   |
| NDC              | Contribuição Nacional Determinada  |
| CGIEE            | Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética   |
| ST-EDIFICAÇÕES   | Secretária Técnica de Edificações  |
| LabEEE           | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações  |
| CB3E             | Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações  |
| EUI              | Energy use intensity- Intensidade de uso de energia (kWh/m <sup>2</sup> /ano)  |
| CgT              | Carga Térmica Total Anual (kWh/ano)  |
| ICenv            | Índice de Consumo da Envoltória  |

## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>16</b>  |
| 1.1 OBJETIVOS .....  | 19         |
| 1.1.1 Objetivo Geral .....   | 19         |
| 1.1.2 Objetivos Específicos .....  | 19         |
| 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO .....   | 20         |
| 1.3 DELIMITAÇÃO .....  | 21         |
| 1.4 JUSTIFICATIVA .....  | 21         |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | <b>23</b>  |
| 2.1 SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NACIONAL .....                                 | 23         |
| 2.1.1 Políticas Públicas do Setor de Energia .....                           | 23         |
| 2.1.2 Setor de Energia Elétrica Brasileira .....                             | 25         |
| 2.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÕES .....                  | 29         |
| 2.2.1 Sistemas Avaliados pelo Regulamento .....                              | 31         |
| 2.2.2 Principais Alterações da Instrução Normativa Proposta (INI-C) .....    | 33         |
| 2.2.3 Método Simplificado da INI-C .....                                     | 41         |
| 2.3 VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO CONSUMO ENERGÉTICO .....                         | 42         |
| 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....  | 53         |
| 2.4.1 Análise Discriminante .....  | 54         |
| 2.4.2 Análise de Correlação tau de Kendall .....                             | 54         |
| <b>3 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....  | <b>57</b>  |
| 3.1 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS .....                                  | 59         |
| 3.2 DESCRIÇÃO DAS AGÊNCIAS .....   | 61         |
| 3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS .....  | 63         |
| 3.3.1 Agrupamento das Agências .....   | 67         |
| 3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS .....                                 | 69         |
| 3.4.1 Tratamento dos Dados .....   | 69         |
| 3.4.2 Determinação da Escala .....   | 69         |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSÃO</b> .....   | <b>73</b>  |
| 4.1 ANÁLISE DE 72 AGÊNCIAS BANCÁRIAS .....                                   | 73         |
| 4.2 ANÁLISE DE 32 AGÊNCIAS BANCÁRIAS .....                                   | 79         |
| 4.2.1 Análise Discriminante .....  | 80         |
| 4.2.2 Consumo mensal e temperatura mensal .....                              | 82         |
| 4.3 ANÁLISE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE 11 AGÊNCIAS BANCÁRIAS ..... | 85         |
| 4.3.1 Análise de correlação .....  | 88         |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....   | <b>93</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>96</b>  |
| <b>APÊNDICE</b> .....  | <b>102</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Para os próximos 10 anos, é esperado um crescimento econômico mundial médio de 3,5% ao ano. No Brasil, há previsão de aumento do consumo de eletricidade em 44%, de 45,24MW em 2017 para 65,2MW em 2027, o que causará impactos sobre os requisitos de oferta de energia para atender à demanda energética estimada, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (PDE, 2018).

As emissões de gases do efeito estufa provenientes do setor de energia estão atreladas ao tipo da fonte produtora. A matriz elétrica brasileira teve redução da participação das fontes renováveis e aumento da participação das fontes não renováveis, desde o ano 2000, principalmente com a utilização de termoeletricas a gás natural, para compensar a redução da participação da fonte hidráulica na produção de energia elétrica, segundo relatório do Balanço Energético Nacional (2018). Mas independentemente da fonte de geração, a produção de energia elétrica gera impacto no meio ambiente. Segundo Lamberts *et al.* (2015), a alternativa mais adequada para minimizar esse impacto é aumentar a eficiência no uso da energia.

A construção civil, no âmbito do ciclo de vida das edificações, é responsável por grande parte do consumo energético no mundo. No Brasil, o somatório do consumo elétrico das edificações residenciais, comerciais e públicas chega a quase 43% do total produzido (BEN, 2018).

Em edificações comerciais, os sistemas de condicionamento de ar e de iluminação chegam a representar 47% e 22%, respectivamente, do total do consumo de energia da unidade em termos de média nacional brasileira (LAMBERTS *et al.*, 2015). Esses dados representam um grande potencial de redução de consumo elétrico, pois quando há o conhecimento dos elementos que mais influenciam no consumo, podem-se aplicar técnicas passivas, como ventilação natural, sombreamento ou elementos de vedação adequados ao clima local, para reduzir o consumo. Este potencial fica evidenciado na visão de vários pesquisadores (SAIDUR, 2009; YI e MALKAWI, 2009; JAFFAL *et al.*, 2012). Sozer (2010) demonstrou como o desenvolvimento de uma envoltória da edificação adequada ao clima pode contribuir significativamente para alcançar os objetivos de aquecimento, resfriamento e melhoria da eficiência energética. Lamberts *et al.* (2015) afirmam que um projeto adequado ao clima e que se utilize de estratégias adequadas tem grande potencial de redução da demanda de energia para os próximos anos, conseqüentemente o aumento da



eficiência energética impactará na redução dos recursos empregados para geração, transmissão e distribuição de energia. Depecker *et al.* (2001) afirmam que os arquitetos precisam de conhecimento global e operacional e ferramentas fáceis que permitam direcionar o projeto para soluções de eficiência energética.

Visando melhorias na eficiência energética e redução das emissões de gases de efeito estufa, o Brasil assumiu, nos últimos anos, compromissos públicos relacionados ao tema: em 2014, o Governo Federal publicou a Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 02, de 04 de junho de 2014, que dispõe sobre o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais; além disso, em 2015, estabeleceu a meta de dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030, aprovada na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável; e, em 2017, estabeleceu como meta alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030, através do Decreto n.º 9.073 (INMETRO, 2018).

Para alcançar os compromissos públicos assumidos, a regulamentação de instrumentos, como selos, etiquetas e leis, é uma forma de implementação de políticas energéticas efetivas. Com o intuito de estabelecer um instrumento de regulamentação da eficiência energética, foi publicado, em 2001, um documento denominado Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001), e em 2009, com o objetivo de avaliar a eficiência energética de edificações, foi lançado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, o RTQ-C (INMETRO, 2014), para obtenção da etiqueta PBE EDIFICA, e, em maio de 2018, foi lançada a consulta pública para aperfeiçoamento desse regulamento (INMETRO, 2018).

Desde a publicação do RTQ-C, em 2009, até setembro de 2019, foram emitidas 99 etiquetas de edificações construídas e 135 etiquetas de projeto, para a modalidade comercial, de serviço e pública (Tabela de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, INMETRO, 2019). Sendo a primeira etiqueta emitida foi de uma agência bancárias. No entanto o número de etiquetas emitidas pode ser considerado baixo considerando-se o aumento de quase 17% no valor investido no setor da construção civil de 2008 a 2015 (JESUS *et al.*, 2018). Um dos objetivos do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é a possibilidade de redução do consumo energético em edificações novas e em edificações existentes (CBCS, 2013). Para verificar se há

essa redução de consumo há a necessidade da correlação entre o consumo real de edificações com o nível de eficiência energética obtido através do PBE EDIFICA.

Para apoiar a implementação de políticas energéticas efetivas é necessário que se realize uma comparação entre padrões de edificação e uso final de energia para estabelecer uma linha de base e *benchmark* do desempenho energético de edificações existentes (JONES *et al.*, 2015; MAURO *et al.*, 2015; JING *et al.*, 2017). Também é importante, para vários autores como Alves *et al.*(2017) e Ballarini *et al.* (2014), o conhecimento das interrelações do edifício em relação ao real consumo de energia. Essas interrelações são a chave para a aplicação de medidas para melhorar o desempenho energético.

Para melhor compreensão do instrumento brasileiro de classificação de eficiência energética em edificações é necessário entender a relação entre os níveis de eficiência estipulados em regulamento e o consumo de energia elétrica real das edificações.

Esta pesquisa compara a classificação energética com o consumo energético real de edificações de serviços, com a atividade de agências bancárias. Agências bancárias tem alto consumo energético conforme estudos anteriores, que atribuíam o consumo elevado à grande quantidade de equipamentos de informática e ao uso de equipamentos de condicionamento de ar (MASCARÓ & MARCARÓ, 1992), estudos recentes apontam também para o alto consumo para a iluminação (PEDREIRA e AMORIM, 2010; BORGSTEIN e LAMBERTS, 2014; PAIXÃO, 2013).

A classificação energética segue os requisitos estabelecidos pelo PBE EDIFICA e através de tratamento estatístico buscou-se identificar as características construtivas, de iluminação e condicionamento ar que mais distinguem o grupo de agências com menor consumo energético além de identificar a correlação entre o consumo e os níveis de eficiência energética.

Diante do exposto, esta pesquisa visa contribuir para uma melhor compreensão do instrumento brasileiro de etiquetagem de edificações, destacando as características da envoltória, iluminação ou condicionamento de ar que mais influenciam no consumo energético, para que projetos futuros reduzam o consumo energético em agências bancárias.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar o consumo real de energia elétrica de agências bancárias em relação aos níveis de eficiência energética obtidos pelo método prescritivo do RTQ-C e pelo método simplificado da proposta de aperfeiçoamento do regulamento, a INI-C, do programa brasileiro de etiquetagem de edificações PBE EDIFICA

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Identificar variáveis críticas que influenciam no consumo energético, através da literatura e do cálculo do nível de eficiência energética do PBE EDIFICA, e verificar a influência dessas variáveis como consumo energético real das agências bancárias analisadas, através da análise discriminante para 32 agências;
- Verificar se há variação de consumo em relação à classificação obtida quanto aos níveis de eficiência estipulados no PBE EDIFICA, de 11 agências analisadas;
- Comparar o consumo energético de agências bancárias e sua consistência em relação à classificação energética calculada pelo atual regulamento (RTQ-C) e pela proposta de aperfeiçoamento do regulamento, a INI-C, através da análise de correlação de dados de 11 agências;
- Contribuir para o desenvolvimento e implementação de políticas públicas que objetivam a redução do consumo energético em edificações bancárias, para climas como o de Curitiba.

## 1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

O regulamento para etiquetagem de edificações (RTQ-C) foi lançado em 2009 e desde sua publicação até junho de 2019, foram emitidas 96 etiquetas de edificações construídas, para a modalidade comercial, de serviço e pública (INMETRO, 2018) e há poucos estudos que comparam o nível da etiqueta obtida com o consumo real das edificações.

Um dos objetivos do Programa Brasileiro de Etiquetagem é a possibilidade de redução do consumo energético para edificações novas e existentes, quando alcançado o nível A de eficiência (CBCS, 2013).

Wong e Krüger (2017), após analisarem o sistema brasileiro de etiquetagem de edificações, destacaram a importância da utilização dos dados das edificações etiquetadas, para facilitar a verificação dos dados relacionados à etiquetagem, conhecimento sobre o desempenho energético das edificações existentes e para alimentar pesquisas, benchmarks e atualizações de políticas públicas e o próprio sistema de etiquetagem.

Curwell (1999), após analisar edificações com certificações sustentáveis, constatou que essas edificações podem consumir mais energia que edificações tradicionais e destacou que a avaliação após a ocupação, fornece várias lições importantes para a avaliação ambiental das edificações, entre elas a incorporação de avaliação pós-ocupação para comparação ou benchmarking mais confiáveis para validar recursos de design como refrigeração passiva e iluminação natural.

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), desenvolveu benchmarks nacionais do consumo energético de edificações em operação, com o objetivo de permitir uma gestão de consumo e uma operação mais eficiente (CBCS, 2014). Borgstein e Lamberts (2014) desenvolveram uma proposta de metodologia para o desenvolvimento de benchmark, usando dados estatísticos e dados de auditoria de energia para comparar o consumo de energia de uso final em agências bancárias. Os valores de consumo de energia elétrica indicados nesse benchmarking foram utilizados como referência para classificar o consumo das agências analisadas.

Em função disso essa pesquisa surgiu da intenção de averiguar se edificações com maiores níveis de eficiência consomem menos energia.

### 1.3 DELIMITAÇÃO

Segundo Zhao e Magoulés (2012) o consumo energético é influenciado por diversos fatores, como condições climáticas, características construtivas, sistemas de iluminação, condicionamento de ar, ventilação natural, ocupação e comportamento do usuário. Nesta pesquisa, para que não houvesse interferência do clima local na demanda energética, todas as agências estão situadas em Curitiba. Para que seja minimizada a interferência do padrão de comportamento do usuário todas as agências pertencem à mesma instituição bancária, com o mesmo padrão de utilização e horário de funcionamento. Todas as agências analisadas não utilizam ventilação natural, apenas sistema de condicionamento de ar, por questões de segurança, assim não há interferências de sistemas híbridos.

O período do consumo de energia elétrica analisado refere-se aos anos de 2014, 2015 e 2016.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

O consumo de energia elétrica está atrelado às emissões de gases do efeito estufa. Em 2016, as emissões de GEE do setor de energia elétrica foram de 54,2 MtCO<sub>2</sub>, o que representa 13% do total de emissões do setor de energia, terceiro maior emissor, composto pelos transportes e indústria, segundo o Documento de Análise 2018, do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2018).

A etiquetagem de edificações é uma importante ferramenta de incentivo à eficiência energética, redução do consumo e consequente redução das emissões de GEE. Segundo Borgstein e Lamberts (2014), há uma grande falta de dados sobre consumo real nos edifícios brasileiros e como a proposta de aperfeiçoamento do processo de etiquetagem brasileiro terá expressa a intensidade de consumo prevista para a edificação, cada vez será mais relevante as análises dos dados do consumo energético real das edificações para atualização do processo de etiquetagem e benchmarking.

Segundo Alves *et al.* (2017), ocasionalmente construções consideradas eficientes e sustentáveis são os maiores consumidores de energia. Para Borgstein e

Lamberts (2014), o estudo do desempenho energético de edifícios existentes é uma área de importância crescente que deve começar a ser considerada em países em desenvolvimento como o Brasil. Menezes *et al.* (2012) destacam que um dos desafios da indústria da construção é que o desempenho energético previsto em projeto seja alcançado quando a edificação estiver em uso, pois há discrepâncias entre o consumo previsto e o real. Ballarini e Corrado (2009) compararam o índice de energia calculado e o real consumido para edificações residenciais, com o objetivo de contribuir para a normatização de desempenho energético da Itália, e em seu estudo identificaram que o processo de etiquetagem de edificações superestima a demanda de energia dos edifícios quando comparado ao consumo real.

No Brasil, as agências bancárias são grandes consumidores comerciais de eletricidade (MASCARÓ & MASCARÓ, 1992), no Espírito Santo o consumo chega a até 86% do total para os sistemas de iluminação e ar condicionado, segundo Paixão (2013). Em cidades de regiões mais quentes do Brasil, como Salvador e Recife, o consumo dos sistemas de iluminação, ventilação e resfriamento chega a aproximadamente 80%, já em regiões mais frias, como Curitiba, o consumo para iluminação, ventilação e resfriamento fica próximo dos 60%, conforme resultados de Borgstein e Lamberts (2014). Segundo Pedreira e Amorim (2010), um dos fatores do consumo mais elevado de energia pode ser resultado da pouca utilização da iluminação natural, por questões de segurança bancária, que resultam em baixo percentual de abertura nas fachadas.

Dessa forma, observa-se a relevância em comparar os índices de eficiência obtidos através da etiquetagem de edificações com o real consumo energético de agências bancárias, tipologia com alto consumo energético e conseqüentemente grande potencial de redução.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está organizada de maneira a apresentar os esforços do setor público para redução do consumo de energia elétrica e aumento da eficiência energética em edificações no Brasil, além de contextualizar a criação do processo de etiquetagem de edificação brasileiro. Apresenta também o panorama do sistema de produção de energia elétrica no Brasil, com o percentual produzido por cada fonte geradora e suas contribuições na emissão de gases do efeito estufa e utilização de recursos renováveis e não renováveis, para assim embasar a necessidade de redução do consumo de energia elétrica, pois reduzindo o consumo reduz-se ou adia-se a necessidade de ampliação da produção, sistemas de transmissão e distribuição.

A terceira seção apresenta o histórico e uma análise do programa brasileiro de etiquetagem de edificações. Identifica os itens avaliados e método de cálculo do regulamento em vigor (RTQ-C) e da proposta de aperfeiçoamento do regulamento (INI-C).

Na quarta seção são apresentados trabalhos similares e pesquisas de referência na área para fundamentar a metodologia proposta na pesquisa e identificar variáveis críticas que influenciam o consumo energético em edificações.

A última seção trata de análise estatística, uma descrição sobre a análise discriminante e a análise de correlação, utilizada para o tratamento dos dados coletados.

### 2.1 SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NACIONAL

#### 2.1.1 Políticas Públicas do Setor de Energia

Seguindo a tendência de diversos países, nos últimos anos o Brasil elaborou legislação e assumiu compromissos, apresentados na sequência, para reduzir a emissão de carbono e aumentar a eficiência energética em edificações.

Em 2001, através da Lei n.º 10.295, regulamentou-se o Decreto n.º 4.059, que estabeleceu a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, como consequência da crise energética de 2001 (LAMBERTS *et al.*, 2006).

Em 2009, através da Lei nº 12.187, foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que estabelece como meta a redução de emissões de gases de efeito estufa, entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. A PNMC oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MMA, 2019).

Em 2011, recomendou-se o desenvolvimento e implementação de um programa de etiquetagem de eficiência energética de edificações, proposto no Plano Nacional de Eficiência Energética, publicado em 18 de outubro de 2011, sob coordenação do Ministério de Minas e Energia (INMETRO, 2018).

Em 2014, publicou-se a Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 02, de 04 de junho de 2014, que dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos de edificações públicas federais novas ou que sofram reforma ou reestruturação (INMETRO, 2018).

Em 2015, na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, o governo brasileiro se comprometeu com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável n. 7 de *“Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos”*, que estabeleceu a meta de dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030 (INMETRO,2018).

Em 2016, ratificou-se o Acordo de Paris, aprovando-se no Congresso a Contribuição Nacional Determinada (NDC), em sua Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima e o governo brasileiro se comprometeu com a redução das emissões de gases de efeito estufa (MMA, 2019).

Em 2017, foi promulgado o Decreto n.º 9.073, em decorrência da ratificação do Acordo de Paris, o qual estabeleceu como meta alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030 (INMETRO,2018).

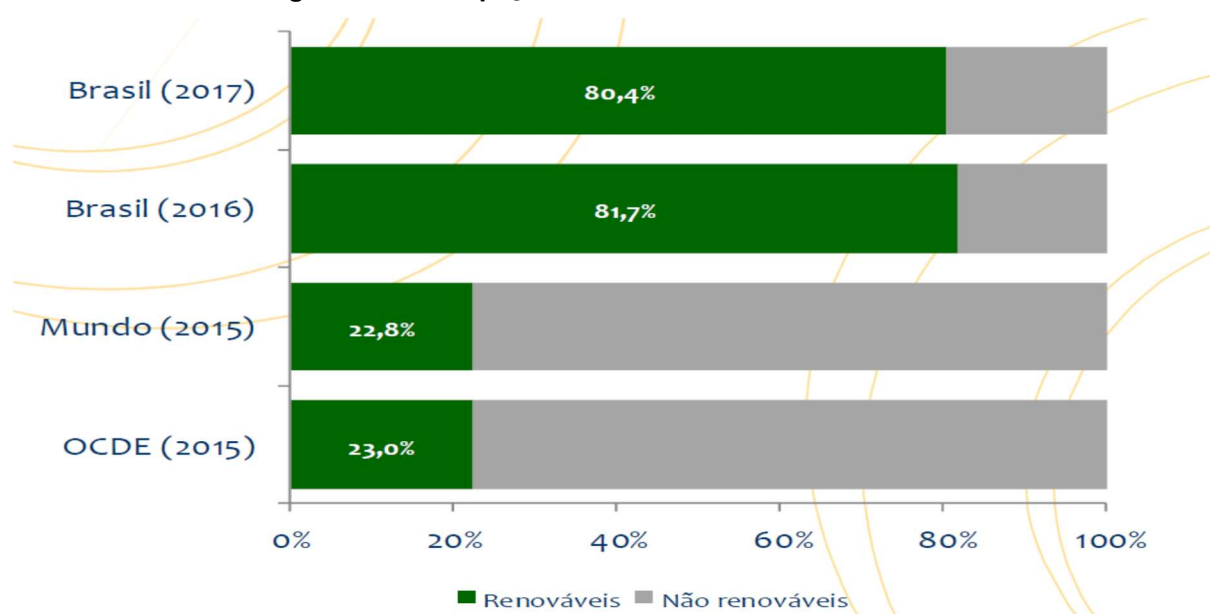
No entanto, segundo o Documento de Análise 2018, do SEEG, Emissões de GEE no Brasil, o Brasil não cumprirá sua meta de redução das emissões para 2020, se considerarmos as emissões brutas, caso elas permaneçam no patamar verificado entre 2010 e 2016. Para alcançar as metas estabelecidas, é necessário que as ferramentas criadas, como o PBE EDIFICA, tenham resultado efetivo na redução do consumo de energia elétrica.



### 2.1.2 Setor de Energia Elétrica Brasileira

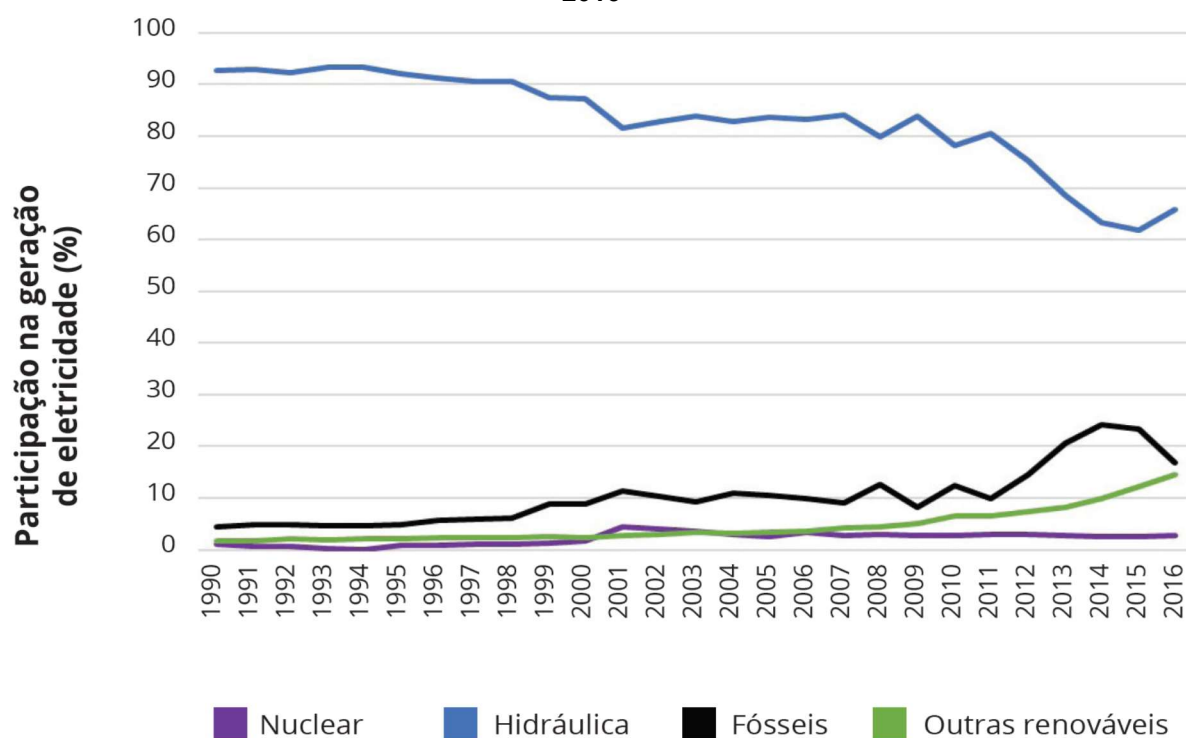
A matriz elétrica brasileira conta com um dos maiores percentuais de participação de fontes renováveis comparativamente à produção mundial, apesar da queda observada nos últimos anos (BEN, 2018), conforme demonstra a Figura 1. A participação da matriz hidráulica vem caindo ao longo do tempo, conforme demonstra a Figura 2, devido às recentes condições climáticas e hidrológicas desfavoráveis que causaram a diminuição do volume de água armazenado nos reservatórios (SEEG, 2018). A princípio, a compensação da produção foi suprida com o acionamento de usinas termoelétricas, principalmente com utilização do gás natural, o que elevou o aumento de emissões de carbono do setor de energia, especialmente entre 2011 e 2014. No entanto, nos últimos anos deu-se um aumento notável da geração de energia de fontes renováveis não-hídricas, o que compensou o avanço da produção por gás natural e derivados de petróleo e a redução na produção de energia hidráulica (SEEG, 2018). A energia eólica teve crescimento significativo de 77%, entre 2014 e 2015, e 55%, entre 2015 e 2016. A Micro e Mini Geração Distribuída, incentivadas por recentes ações regulatórias que viabilizaram a compensação da energia excedente produzida por sistemas de menor porte, também teve crescimento de 245%, de 2016 para 2017, com destaque para a fonte solar fotovoltaica. A Figura 3 mostra a atual matriz elétrica brasileira por fonte (BEN, 2018).

**Figura 1 – Participação de renováveis na matriz elétrica**



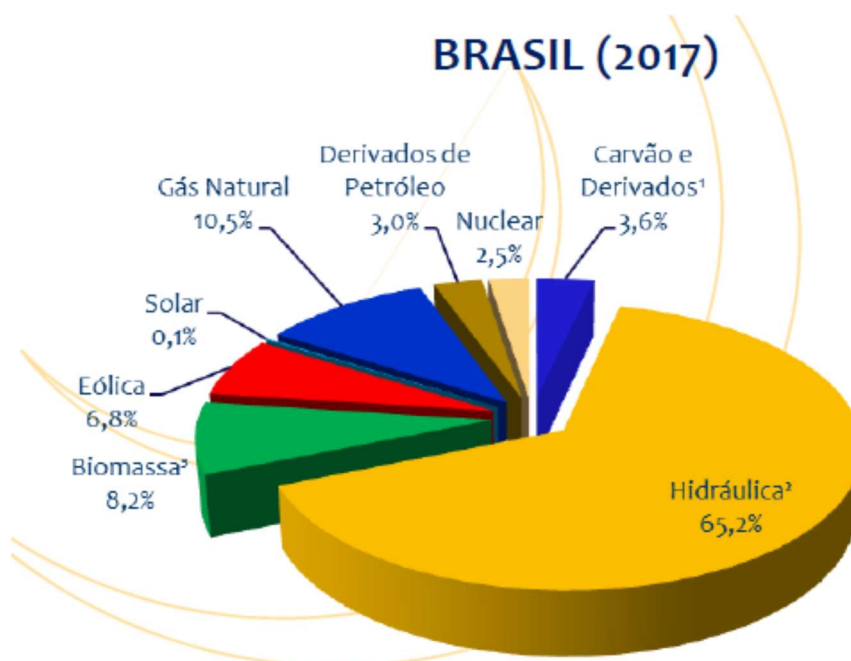
Fonte: BEN (2018)

**Figura 2 – Evolução da participação das fontes primárias na geração de eletricidade de 1990 a 2016**



Fonte: SEEG (2018)

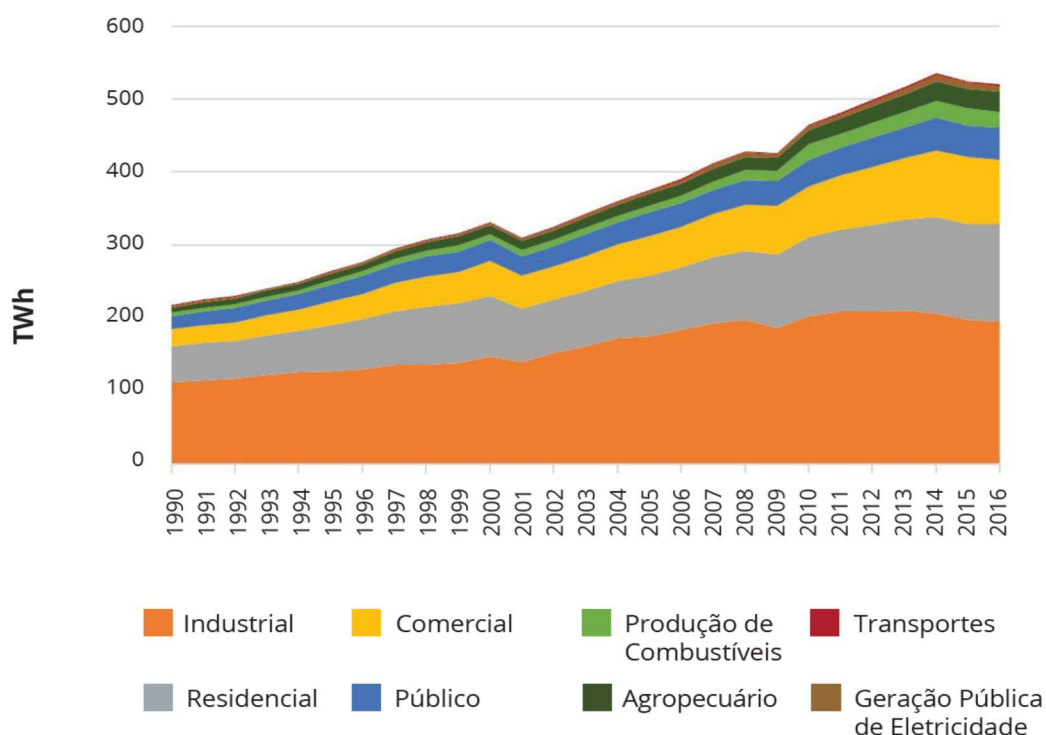
Figura 3– Matriz elétrica nacional em 2017



Fonte: BEN (2018)

O consumo de energia elétrica dos setores residencial, comercial e público representou, em 2017, sem considerar as perdas, mais que 50% do total produzido (Figura 4). A Figura 4 também mostra queda no consumo entre 2000 e 2001, período conhecido como “crise do apagão”. Em 2009, houve queda do consumo, reflexo de crise da economia mundial. A redução do consumo de energia entre 2014 e 2016 é um reflexo do desaquecimento do consumo industrial devido à desaceleração da atividade econômica no país (SEEG,2018).

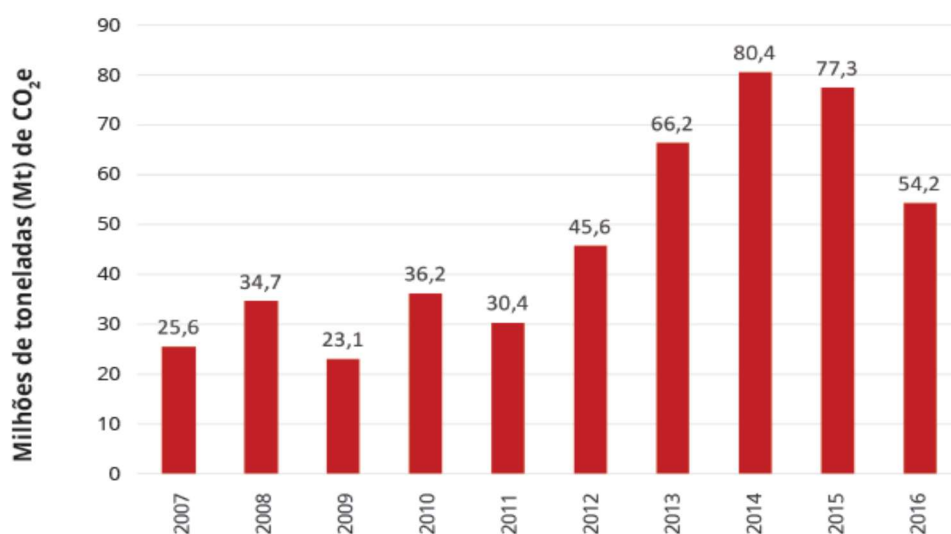
**Figura 4 – Evolução da demanda de energia elétrica por segmento de consumo de 1990 a 2016**



Fonte: SEEG (2018)

A Figura 5 mostra a evolução das emissões de CO<sub>2</sub>e de 2007 a 2016. Em 2016 as emissões de GEE do setor de energia elétrica foram de 54,2 MtCo<sub>2</sub>e, que representa 13% do total de emissões do setor de energia.

**Figura 5 – Evolução anual das emissões de GEE associadas à geração de eletricidade de 2007 a 2016**



Fonte: SEEG (2018)

O relatório do SEEG (2018) chama a atenção para as motivações da redução das emissões de GEE de 2014 a 2016: a redução da demanda devido à crise econômica, ao aumento da produção hídrica devido à recuperação do nível dos reservatórios, o aumento da produção de outras fontes renováveis, principalmente a eólica e a expansão das fontes renováveis de micro e mini geração.

As emissões de GEE do setor de energia elétrica são provenientes da energia gerada em usinas térmicas a gás natural, derivados de petróleo e carvão mineral.

## 2.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÕES

Com o intuito de estabelecer uma política pública de regulamentação da eficiência energética, foi publicada em 2001, através da Lei nº 10.295, a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. A implementação de um dos instrumentos dessa política veio através do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE EDIFICA), com a publicação em 2009, do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C, 2014), para avaliação da eficiência energética de edificações. Em maio de 2018 foi lançada a consulta pública para aperfeiçoamento desse regulamento, a Instrução Normativa Inmetro – Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C, 2018). Há previsão de que a versão definitiva da INI-C seja publicada no ano de 2019.

A concretização do processo de etiquetagem brasileiro se deu através de algumas etapas: em 19 de dez de 2001, através do Decreto nº 4.059, foi regulamentada a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE, composto por representantes dos seguintes órgãos e entidades:

I - Ministério de Minas e Energia, que o presidirá; II - Ministério da Ciência e Tecnologia; III - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; IV - Agência Nacional de Energia Elétrica; V - Agência Nacional do Petróleo; e VI - Um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos especialistas em matéria de energia, a serem designados pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, para mandatos de dois anos, podendo ser renovados por mais um período (BRASIL, 2001).

O Decreto nº 4.059 estabeleceu níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, para edificações construídas no Brasil.

O lançamento do PROCEL Edifica, em 2003, estabeleceu seis vertentes de ação com o objetivo de implementar a eficiência energética na cultura construtiva nacional: arquitetura bioclimática, indicadores de consumo referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e educação (LAMBERTS *et al.*, 2007).

O RTQ-C, publicado em 2009, foi inicialmente elaborado pelo LabEEE, ajustado pela ST e revisado através da Portaria Inmetro nº 372, de 17 de setembro de 2010, complementada pelas Portarias Inmetro n.º 17, de 16 de janeiro de 2012 e Portaria Inmetro nº 299 de 19 de junho de 2013.

Segundo Carlo e Lamberts (2010), já estavam previstas novas versões para o regulamento, que incluiriam parâmetros e sistemas mais complexos.

Em 2014, foi firmado um convênio entre a Eletrobrás e a Universidade Federal de Santa Catarina, e através do Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) foram desenvolvidas ações para melhoria do método de avaliação do programa de etiquetagem (CB3E, 2019).

A etiquetagem de edificações tem caráter obrigatório para edificações públicas federais, com área construída maior que 500m<sup>2</sup>, desde 2014, com a publicação, pelo Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG), da Instrução Normativa SLTI n.º02/2014. Para todas as outras edificações, a etiquetagem tem caráter voluntário. A intenção inicial era que a etiquetagem de edificações fosse obrigatória após os cinco primeiros anos da publicação do regulamento (LAMBERTS *et al.*, 2006), mas isso não se concretizou.

Wong e Krüger (2017) destacaram as implicações, desafios, barreiras e oportunidades do sistema brasileiro de etiquetagem de edificações. Analisaram questões técnicas, econômicas e sociais relacionadas ao processo de etiquetagem e apontaram fatores relacionados às restrições do método de cálculo prescritivo, pois somente os elementos de vedação externa são considerados no cálculo da envoltória e há falta de explicação para o percentual dado a cada sistema, na equação final. Segundo os autores há necessidade de uma ferramenta simplificada para o cálculo de edifícios complexos. A classificação final ou parcial da etiqueta está relacionada à uma escala numérica, sem relação com o consumo energético da edificação, como por exemplo, o que é comumente utilizado em sistemas internacionais, que utilizam o

indicador kWh/m<sup>2</sup>. Também apontaram a necessidade de treinamento e suporte para profissionais certificadores, há poucos profissionais com conhecimento no tema e há poucos Organismos de Inspeção Acreditados para emissão da etiqueta, principalmente se houver a intenção de que a etiquetagem seja obrigatória. Em consulta ao site do INMETRO, em julho de 2019, constaram três Organismos de Inspeção Acreditados para Eficiência Energética de Edificações ativos (INMETRO, 2019). Destacaram também a importância de fornecer informações sobre a economia de energia prevista, conforme o nível de eficiência alcançado, para facilitar a compreensão por parte dos usuários. Sugerem que sejam disseminadas informações sobre os custos da etiquetagem. Destacam também a necessidade de educação e conscientização da população, ainda há pouca divulgação sobre a etiqueta e pouco conhecimento público da etiqueta para edificações. Sugerem o monitoramento e controle das edificações etiquetadas, para criação de um banco de dados e monitoramento das condições consideradas no processo utilizado. Destacam também a importância de acompanhar dados de consumo das edificações etiquetadas, para verificação dos dados relacionados à etiquetagem, com o objetivo também de alimentar pesquisas, benchmarks e atualizações de políticas públicas e o próprio sistema de etiquetagem.

Antes da publicação da proposta de aperfeiçoamento do regulamento outros autores também destacaram a necessidade de melhoria do sistema brasileiro de etiquetagem. Lopes *et al.* (2016) destacaram que o sistema brasileiro de etiquetagem precisaria ter melhoras em relação à metodologia e forma de cálculo.

### 2.2.1 Sistemas Avaliados pelo Regulamento

Nesta seção serão apresentados os regulamentos, vigente e proposto, para o cálculo do nível de eficiência energética de edificações da etiqueta nacional de conservação de energia, além de discutir as alterações propostas.

No cálculo da eficiência energética descrito no RTQ-C, para edificações comerciais, de serviço e públicas, os sistemas avaliados são: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar e/ou ventilação natural. Há dois métodos de cálculo, método prescritivo e método da simulação, além da avaliação de pré-requisitos gerais e específicos. Segundo o RTQ-C (2014), “o método prescritivo é

baseado na análise de simulações de um número limitado de casos através de regressão”, e é indicado para edificações que não possuem formas complexas e que possuem todos os ambientes de permanência prolongada com condicionamento artificial. Para edificações com formas complexas, grande percentual de abertura das fachadas, vidros com alto desempenho, elementos de sombreamento diferenciados por orientação solar e utilização da ventilação natural, é indicado o método de simulação. Uma edificação pode ser avaliada segundo os dois métodos (INMETRO, 2014).

A etiqueta emitida pode ser parcial ou geral. A etiqueta parcial pode avaliar um ou mais sistemas, desde que a envoltória sempre seja avaliada (INMETRO, 2014).

A avaliação dos sistemas varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) e ao nível de eficiência é atrelado um equivalente numérico que varia de 5, que corresponde ao nível A, a 1, que corresponde ao nível E. Para o sistema da envoltória é necessário o cálculo do Indicador de Consumo ( $IC_{env}$ ), para o sistema de iluminação é necessário o cálculo da densidade de potência de iluminação, para o sistema de condicionamento de ar é necessário a obtenção da eficiência dos equipamentos e para a ventilação natural é necessário a simulação para determinação do percentual de horas dentro da zona de conforto (INMETRO, 2014).

Para a etiqueta geral é necessário avaliar todos os sistemas e distribuir o peso de 30% para a envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar. Após a aplicação de uma equação, que determina a pontuação final da etiqueta geral, a edificação é classificada segundo a Tabela 1 (INMETRO, 2014).

| <b>Tabela 1 – Pontuação da classificação Geral</b> |                            |
|--|----------------------------|
| <b>PT</b>  | <b>Classificação Final</b> |
| ≥ 4,5 a 5  | A                          |
| ≥ 3,5 a < 4,5                                      | B                          |
| ≥ 2,5 a < 3,5                                      | C                          |
| ≥ 1,5 a < 2,5                                      | D                          |
| < 1,5  | E                          |

**Fonte: RTQ-C (2014)**

O processo de etiquetagem pode ser emitido para a fase de projeto e para a edificação construída. As informações que constam na etiqueta, de edificações



comerciais, de serviço e pública, são indicativas do projeto/obra, área avaliada e nível de eficiência de cada sistema, nível de eficiência geral, pontuação obtida, pré-requisitos gerais e bonificação utilizada, conforme Figura 6 (INMETRO, 2014).

Figura 6 – Etiqueta PBE Edifica de Classificação Geral



Fonte: site PROCELINFO (2019)

### 2.2.2 Principais Alterações da Instrução Normativa Proposta (INI-C)

Segundo Carlo e Lamberts (2010), com o objetivo de que os profissionais, consumidores e usuários envolvidos na construção civil se adaptassem ao processo de etiquetagem de edificações, o primeiro regulamento lançado, o RTQ-C, foi uma versão mais simples e generalista, que não abrangia todos os temas que participam da eficiência energética de um edifício, pois já estavam previstas atualizações que incluiriam parâmetros e sistemas mais complexos, em um momento em que os atores envolvidos estivessem mais familiarizados com esse processo.


Segundo o CB3E (2019) a motivação de um novo processo surgiu das limitações do método prescritivo, as quais poderiam ser sanadas com a utilização de dados provenientes de um metamodelo e da utilização de redes neurais artificiais.

A principal limitação do atual método, motivadora para um novo processo, identificada pelo CB3E, é o indicador de consumo sem relação com o consumo real da edificação, pois um indicador de desempenho próximo do real pode auxiliar o consumidor na tomada de decisões. Como consequência, a utilização do conceito de energia primária permite que a energia proveniente de diversas fontes seja contabilizada no consumo energético total do novo processo de etiquetagem (CB3E, 2019).

A proposta de aperfeiçoamento traz mudanças significativas no processo de etiquetagem brasileiro, desde o método de cálculo até a configuração final da etiqueta. O método de cálculo é mais complexo, sem simplificações, em relação aos elementos que influenciam na eficiência energética de um edifício.

A proposta de comunicação visual da nova etiqueta é mais didática e com informações detalhadas para o consumidor final (CB3E, 2019). Apresenta informações da classificação geral e dos sistemas com o indicador de consumo, em kWh/ano, informações sobre a condição real e de referência de cada sistema, geração de energia renovável, emissões de CO<sub>2</sub> e uso racional da água. No RTQ-C a etiqueta apresenta o nível de eficiência energética atrelada à uma escala numérica de 1 (equivalente ao nível E), a 5 (equivalente ao nível A). A proposta é que a etiqueta de edificações comerciais, de serviço e pública tenha três páginas, conforme Figuras 7 a 9.

Figura 7 – Proposta da primeira página da nova ENCE de Classificação Geral



**INMETRO**  
**PBE Edifica**

## Eficiência Energética

### Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

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

**ENCE PROJETO**

**ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA**

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

Mais eficiente


A

± XX% em relação ao D

Menos eficiente


Consumo Anual de Gás: xx,xx m<sup>3</sup>/ano  
Consumo Anual de Energia Elétrica: xxx.xx,xx kWh/ano  
Consumo de Energia Primária Edificação: xx,xx kWh/m<sup>2</sup>

CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO



**Edificação completa**  
(sem a geração)


A



**Geração de energia renovável**

**Geração:** XX%


Energia gerada: xx.xxx kWh/ano



**Uso racional de água**

**Economia:** XX%

Equipamentos economizadores XX%  
Aproveitamento da água da chuva XX%





**Emissões de CO<sub>2</sub>**

**Emissões CO<sub>2</sub>:** ↓ XX%

redução/arbitrário em relação a condição de referência (D):  
xx.xxx,xx t.CO<sub>2</sub>/ano


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





LOGOTIPO DO OIA

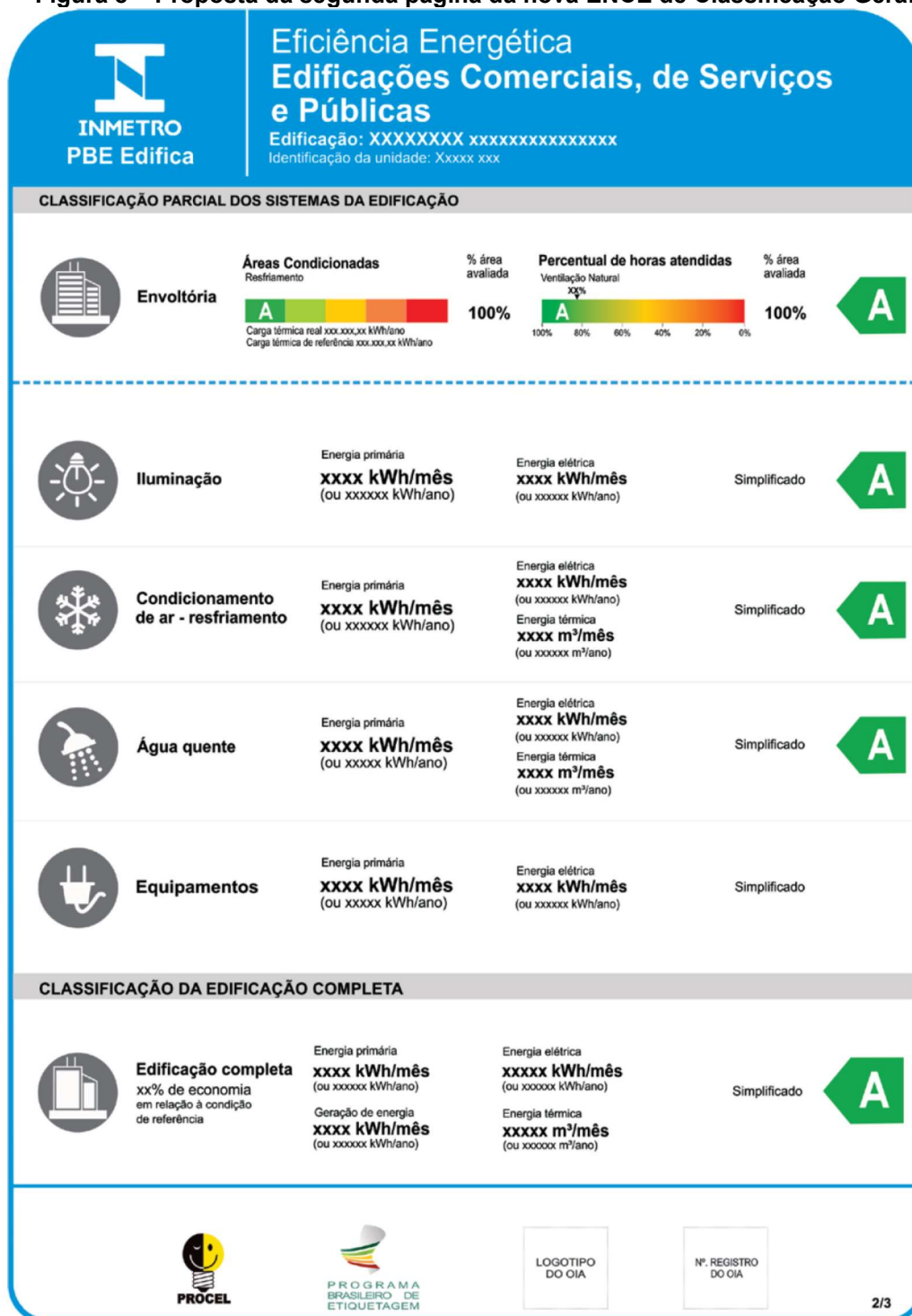
Nº. REGISTRO DO OIA



1/3










Fonte: CB3E (2017)

Figura 8 – Proposta da segunda página da nova ENCE de Classificação Geral



Fonte: CB3E (2017)

Figura 9 – Proposta da terceira página da nova ENCE de Classificação Geral

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

Fonte: CB3E (2017)

Em 12 de julho de 2018, foi publicada a consulta pública da proposta de aperfeiçoamento do RTQ-C. As principais alterações foram:

- Nova metodologia de cálculo: assim como no RTQ-C, continuam havendo dois métodos de cálculo, método simplificado e simulação. No entanto, o método simplificado do INI-C foi desenvolvido através de redes neurais, com o objetivo de estimar o consumo real da edificação, utilizando o conceito de energia primária, que possibilita a integração de diferentes fontes de energia, elétrica, térmica, gás e solar. No método prescritivo, do RTQ-C, foi desenvolvida uma equação, através da regressão linear, que utilizou como referência a simulação de uma edificação comercial padrão;

- No método simplificado da INI-C, tanto a classificação geral como a classificação dos outros sistemas (envoltória, condicionamento de ar, iluminação, equipamentos e aquecimento de água) é feita através da comparação entre o consumo na condição de referência e o consumo na condição real da edificação avaliada. A classificação dependerá do percentual de redução do consumo da condição real em relação à condição de referência da edificação avaliada (INMETRO, 2018). No RTQ-C apenas três sistemas são avaliados, envoltória, iluminação e condicionamento de ar e para o cálculo da classificação geral são atribuídos os pesos de 30% para a envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar;

- Não há pré-requisitos que determinam o nível de eficiência no INI-C, os dados são avaliados conforme influência no consumo de energia de cada sistema;

- No INI-C pode-se calcular a iluminação e ventilação natural através do método simplificado;

- No RTQ-C são consideradas as 8 zonas bioclimáticas da NBR 15.220, enquanto na INI-C são considerados 24 grupos climáticos, conforme Roriz (2014).

O Quadro 01 compara as diferenças entre os dois regulamentos, entre o método prescritivo, do RTQ-C, e o método simplificado, da INI-C:

Quadro 1– Quadro comparativo entre RTQ-C e INI-C

|   | <b>RTQ-C<br/>(Método Prescritivo)</b>   | <b>INI-C<br/>(Método Simplificado)</b>  |
|---|---|---|
| Sistemas avaliados                                  | -envoltória;<br>-iluminação; e<br>-ar-condicionado / ventilação natural.  | -envoltória;<br>-iluminação;<br>-ar-condicionado e<br>-aquecimento de água.   |
| Princípio   | <b>Regressão Linear<br/>Equação</b>   | <b>Redes neurais artificiais<br/>Energia primária</b>   |
| Método de cálculo                                   | - método prescritivo e<br>- simulação   | - método simplificado e<br>- simulação  |
| Etapa de etiquetagem                                | Projeto e<br>Edificação construída  | Projeto e<br>Edificação construída  |
| Limitações dos métodos de cálculo                   | Método prescritivo:<br>não aplicável para:<br>- edificações com forma complexa;<br>- alto percentual de abertura das fachadas;<br>- vidros de alto desempenho;<br>- proteção solar diferenciada por fachada;<br>- ventilação natural. | Método simplificado:<br>- ambientes ventilados naturalmente ou híbridos precisam atender a critérios específicos;<br>- a edificação deve atender à limites de parâmetros construtivos.  |
| Distribuição de cada sistema na classificação geral | 30% envoltória, 30% sistema de iluminação e 40% sistema de condicionamento de ar  | Somatório do consumo de energia primária de cada sistema.   |
| Edifício de referência                              | Não há cálculo de edifício de referência  | Classificação da eficiência de acordo com o percentual de redução do consumo quando comparado à uma edificação de referência  |
| Indicador de consumo                                | Pontuação de 1 a 5  | <b>Consumo de gás: m<sup>3</sup>/ano</b><br><b>Consumo de energia elétrica: Kwh/ano</b><br><b>Consumo de energia primária: kWh/m<sup>2</sup></b>  |
| Dados fornecidos na etiqueta                        | Classificação geral, indicador de consumo, classificação dos sistemas, área avaliada, pré-requisitos gerais, bonificações   | <b>Classificação geral, indicador de consumo, geração de energia renovável, uso racional de água, emissões de CO<sub>2</sub>, classificação dos sistemas, informações sobre condição real e de referência de cada sistema</b> |
| Pré-requisitos                                      | Pré-requisitos gerais e específicos que podem reduzir o nível de eficiência   | Pré-requisitos na avaliação dos sistemas para ser elegível ao nível A, não altera a classificação geral que avalia o consumo  |

## Continuação

| Parâmetro climático              | <b>8 zonas bioclimáticas, conforme NBR 15.220</b>  | <b>24 grupos climáticos, conforme Roriz, 2014</b>  |
|----------------------------------|--|--|
| Plataforma on-line de cálculo    | Webprescritivo   | Metamodelo   |
| Envoltória                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da eficiência através de uma equação;</li> <li>- análise da <b>edificação como um todo</b>,</li> <li>- parâmetros para o edifício como um todo.</li> </ul>   | Determinação da eficiência pelo cálculo da <b>carga térmica para resfriamento</b> da edificação real e de referência; <ul style="list-style-type: none"> <li>- separação da edificação em zonas térmicas;</li> <li>- <b>parâmetros para cada zona térmica.</b></li> </ul>  |
| Sistema de Iluminação            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da eficiência pela densidade de potência instalada (<math>W/m^2</math>), conforme nível tabelados.</li> <li>- não atendimento dos pré-requisitos de um ambiente reduz o nível de eficiência de todo o sistema</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da eficiência pela densidade de potência instalada (<math>W/m^2</math>), cálculo da edificação real e de referência;</li> <li>- Pelo menos 80% dos ambientes devem atender aos pré-requisitos;</li> <li>- Houve redução da densidade de potência instalada em relação ao RTQ-C.</li> </ul> |
| Sistema de Condicionamento de ar | - Determinação da eficiência pela avaliação do desempenho dos equipamentos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Determinação da eficiência através da comparação entre a edificação real e a de referência;</b></li> <li>- <b>Determinação do consumo utilizando dados da carga térmica e desempenho dos equipamentos.</b></li> </ul>  |
| Equipamentos                     | <b>Não avaliado</b>  | <b>Determinação do consumo conforme a atividade da edificação</b>  |
| Aquecimento de água              | <b>Avaliado como pré-requisito</b>   | <b>Determinação do consumo de energia elétrica e térmica, convertidas em energia primária</b>  |
| Geração local de energia         | Avaliada como bonificação. Possibilita alterar o nível de eficiência da classificação geral  | Integrante do cálculo da classificação geral   |
| Uso Racional de água             | Avaliado como bonificação. Possibilita alterar o nível de eficiência da classificação geral  | Descrito na etiqueta, caráter informativo  |
| Emissões de CO <sub>2</sub>      | Não avaliado   | Descrito na etiqueta, caráter informativo  |

Fonte: Autoria própria.



Percebe-se, através dos dados informados no quadro comparativo, que o cálculo do consumo energético é mais relevante para a classificação geral da edificação do que a avaliação individual dos sistemas, oposto ao método prescritivo do RTQ-C. Através do novo regulamento, com o cálculo da geração local de energia, será possível identificar a edificação como não consumidora de energia do sistema elétrico nacional. Esse tipo de informações poderá ter impacto significativo na tomada de decisão do consumidor e na divulgação do processo de etiquetagem, atendendo aos objetivos que levaram ao desenvolvimento de um novo processo de etiquetagem brasileiro (CB3E, 2019).

### 2.2.3 Método Simplificado da INI-C

Nesta seção serão apresentados os princípios, para a classificação geral e dos sistemas, avaliados pelo método simplificado da INI-C.

O cálculo do nível de eficiência energética proposto para a envoltória, para edificações que utilizam sistema de condicionamento de ar, é através do cálculo da carga térmica total anual (CgT) para resfriamento, tanto para a condição real quanto para a condição de referência. O cálculo da carga térmica deverá ser realizado através da interface do metamodelo, disponível em [http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index\\_with\\_angular.html#](http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html#)). Para o cálculo da carga térmica total é necessário separar a edificação em zonas e para cada zona podem ser aplicados parâmetros diferentes (INMETRO, 2018). No RTQ-C a edificação era avaliada como um todo, os parâmetros eram ponderados para toda a edificação.

O consumo de energia elétrica para o sistema de condicionamento de ar utiliza a carga térmica total anual (CgT), proveniente do cálculo da envoltória, dividida pela eficiência energética do sistema de ar condicionado (INMETRO, 2018).

Para o cálculo do consumo energético do sistema de iluminação utiliza-se a potência total instalada de iluminação multiplicada pelas horas de uso da edificação no ano. A potência instalada é calcula em relação à área iluminada ( $W/m^2$ ) e pelo menos 80% dos ambientes precisam atender aos pré-requisitos (INMETRO, 2018). Em relação ao RTQ-C, houve redução da densidade de potência instalada para cada nível de eficiência.

O cálculo do consumo energético dos equipamentos é similar ao cálculo para o sistema de iluminação, multiplica-se o valor da potência instalada dos equipamentos pelas horas de uso da edificação no ano (INMETRO, 2018).

No INI-C calcula-se também o consumo de energia para aquecimento de água. Para o cálculo do consumo energético desse sistema, pelo método simplificado, separa-se o consumo referente à energia elétrica e à energia térmica, atrelado ao quanto o aquecimento de água é utilizado anualmente (INMETRO, 2018).

Após o cálculo do consumo energético de todos os sistemas, para as condições real e de referência, convertidos em energia primária, soma-se o consumo do condicionamento de ar, iluminação, equipamentos e aquecimento de água (a envoltória não entra nesse cálculo pois a carga térmica calculada é utilizada para o consumo do sistema de condicionamento de ar), a classe de eficiência da edificação real é definida conforme o percentual de economia em relação à condição de referência (INMETRO, 2018).

### 2.3 VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO CONSUMO ENERGÉTICO

Nesta seção, serão apresentados trabalhos similares e pesquisas de referência na área para identificação de variáveis críticas relacionadas ao consumo energético das edificações e para verificação das metodologias que são empregadas para análise desse tema.

As pesquisas apresentadas utilizam a intensidade de uso de energia (EUI) como base para entender o consumo de energia em edificações. EUI é um padrão utilizado mundialmente para identificar a intensidade de uso de energia, expresso em kWh/m<sup>2</sup>/ano, que permite a comparação do consumo de um conjunto de edifícios uniformes, para 1 m<sup>2</sup>, em um ano.

Meier *et al.* (2002) salientam a necessidade de definição de edificações eficientes energeticamente, para comparação do desempenho e avaliação da eficiência energética absoluta. Propõem três critérios para que a edificação seja considerada energeticamente eficiente: 1) equipamentos eficientes e materiais adequados para o local e as condições; 2) o edifício deve fornecer amenidades e serviços adequados ao uso pretendido; e 3) deve-se ter um gasto energético menor quando comparado a edificações similares. Destacam que o consumo não deve ser o

único critério avaliado pois o baixo consumo pode representar condições internas desconfortáveis ou poucas horas de ocupação e o alto consumo pode ser resultado de muitas horas de ocupação ou atividade intensa.

Pedreira (2010), em seu estudo sobre a eficiência energética e conforto ambiental na escolha de edificações para agências do Banco do Brasil: “Proposta de critérios para o Distrito Federal”, avaliou as variáveis da envoltória de agências bancárias e a relação destas com o consumo energético e conforto ambiental para a cidade de Brasília-DF, para desenvolver critérios para a escolha de edificações para instalação de agências bancárias. Foram utilizadas 40 edificações de agências bancárias para definir as principais características construtivas dessa tipologia. Dessa amostra inicial foram selecionadas 10 edificações para a análise da eficiência energética da envoltória, das quais foram selecionadas 6 amostras para a simulação computacional e com o objetivo de determinar o nível de iluminância. Como resultados foram indicados critérios para a definição de edificações a serem utilizadas como agências bancárias, no Distrito Federal, entre eles os mais importantes são: orientação solar da fachada principal, posicionamento do lote na quadra e afastamentos das divisas, forma da planta, orientação das maiores fachadas, volumetria da edificação, transmitância térmica das paredes e coberturas, percentual de abertura das fachadas, proteção solar das aberturas e formato das janelas.

Spyropoulos e Balaras (2011) realizaram um estudo de caso sobre o consumo e potencial de economia de energia em edifícios de escritório utilizados como agências bancárias, na Grécia. Foram coletados dados gerais de 39 agências bancárias e realizada vistoria em 11 delas para análise aprofundada do consumo energético. Com o objetivo de apresentar uma linha de base de consumo de agências bancárias, estimaram o EUI. Como no estudo anterior, o consumo foi segmentado por uso final. No resultado, a média de consumo do sistema de ar-condicionado representou 48%, do sistema de iluminação 35% e outros equipamentos 17%. Uma variável que impactou significativamente o consumo do sistema de iluminação foi o letreiro externo, por sua alta potência e longas horas em operação. Como resultado para redução do consumo sugeriram a substituição do tipo das lâmpadas, redução da temperatura de funcionamento dos equipamentos de ar condicionado no inverno e substituição dos vidros simples para vidros duplos com isolamento.

Krüger e Mori (2012) analisaram o desempenho energético da envoltória, de um projeto padrão de uma agência bancária, segundo o método prescritivo do RTQ-

C, nas oito zonas bioclimáticas brasileiras e considerando a fachada principal nas quatro orientações solares. O cálculo do nível de eficiência energética da edificação padrão nas oito zonas bioclimáticas, com a fachada principal orientada para Norte, Sul, Leste e Oeste, gerou trinta e dois níveis de eficiência. Destes, apenas em seis opções a edificação não atingiu o nível A. Nas situações em que a edificação não atingiu o nível A os autores alteraram os valores de sombreamento e fator solar dos vidros para alcançar o nível máximo. Realizaram simulação, com o programa computacional EnergyPlus, para as situações que precisaram de melhorias, para avaliar o consumo de energia elétrica do sistema de ar condicionado, comparando o consumo do projeto original e do projeto com melhorias. A Figura 10 apresenta as melhorias necessárias para atingir o nível A e o percentual de economia de energia elétrica atingido. Na Zona Bioclimática 1, o fator solar e o ângulo de sombreamento vertical precisaram ser aumentados, já o ângulo de sombreamento horizontal precisou ser reduzido, essas alterações representaram um percentual de economia de 26%. Na Zona Bioclimática 4 somente com a redução do fator solar foi obtido o nível A, o que representou uma redução de consumo de 30,5%. Na Zona Bioclimática 7, para a fachada principal voltada para o Norte, Leste e Sul, foi necessário aumentar o ângulo de sombreamento vertical para que houve redução do consumo. Como a fachada principal teve maior percentual de abertura, a orientação solar influenciou no desempenho energético.

**Figura 10 – Comparação das alterações propostas para a envoltória e o potencial de redução do consumo de energia elétrica do sistema de ar condicionado**

| Zona Bioclimática        |                    | ZB-1           | ZB-4           | ZB-7     |                 |          |          |                 |          |          |                 |          |
|--------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|-----------------|----------|
| Orientação solar         |                    | Oeste          | Oeste          | Norte    |                 |          | Leste    |                 |          | Sul      |                 |          |
| Projeto padrão           | FS                 | 0,60           | 0,60           | 0,60     |                 |          | 0,60     |                 |          | 0,60     |                 |          |
|                          | AVS                | 33,47°         | 33,47°         | 33,47°   |                 |          | 33,47°   |                 |          | 33,47°   |                 |          |
|                          | AHS                | 18,47°         | 18,47°         | 18,47°   |                 |          | 18,47°   |                 |          | 18,47°   |                 |          |
|                          | ICenv              | 164,19         | 493,10         | 134,73   |                 |          | 134,73   |                 |          | 134,73   |                 |          |
|                          | Classif            | B              | B              | B        |                 |          | B        |                 |          | B        |                 |          |
|                          | Consumo HVAC       | 385 kWh        | 963 kWh        | 2511 kWh |                 |          | 2353 kWh |                 |          | 2786 kWh |                 |          |
| Projeto padrão otimizado | FS                 | <b>0,80</b>    | <b>0,40</b>    | 0,60     | <b>0,60</b>     | 0,61     | 0,60     | <b>0,60</b>     | 0,61     | 0,60     | <b>0,60</b>     | 0,61     |
|                          | AVS                | <b>41,38°</b>  | <b>33,47°</b>  | 33,47°   | <b>40,07°</b>   | 33,47°   | 33,47°   | <b>40,07°</b>   | 33,47°   | 33,47°   | <b>40,07°</b>   | 33,47°   |
|                          | AHS                | <b>7,70°</b>   | <b>18,47°</b>  | 13,10°   | <b>18,47°</b>   | 18,47°   | 13,10°   | <b>18,47°</b>   | 18,47°   | 13,10°   | <b>18,47°</b>   | 18,47°   |
|                          | ICenv              | <b>162,20</b>  | <b>468,24</b>  | 131,62   | <b>133,88</b>   | 134,09   | 131,62   | <b>133,88</b>   | 134,09   | 131,62   | <b>133,88</b>   | 134,09   |
|                          | Classif            | <b>A</b>       | <b>A</b>       | A        | <b>A</b>        | A        | A        | <b>A</b>        | A        | A        | <b>A</b>        | A        |
|                          | Consumo HVAC (kWh) | <b>285</b> kWh | <b>669</b> kWh | 2547 kWh | <b>2413</b> kWh | 2512 kWh | 2394 kWh | <b>2287</b> kWh | 2352 kWh | 2876 kWh | <b>2767</b> kWh | 2772 kWh |
| Economia                 |                    | <b>100</b> kWh | <b>294</b> kWh | -36 kWh  | <b>98</b> kWh   | -1 kWh   | -41 kWh  | <b>66</b> kWh   | 1 kWh    | -90 kWh  | <b>19</b> kWh   | 14 kWh   |
|                          |                    | <b>26,0%</b>   | <b>30,5%</b>   | -1,4%    | <b>3,9%</b>     | -0,04%   | -1,7%    | <b>2,8%</b>     | 0,04%    | -3,2%    | <b>0,7%</b>     | 0,5%     |

Fonte: Krüger e Mori (2012)

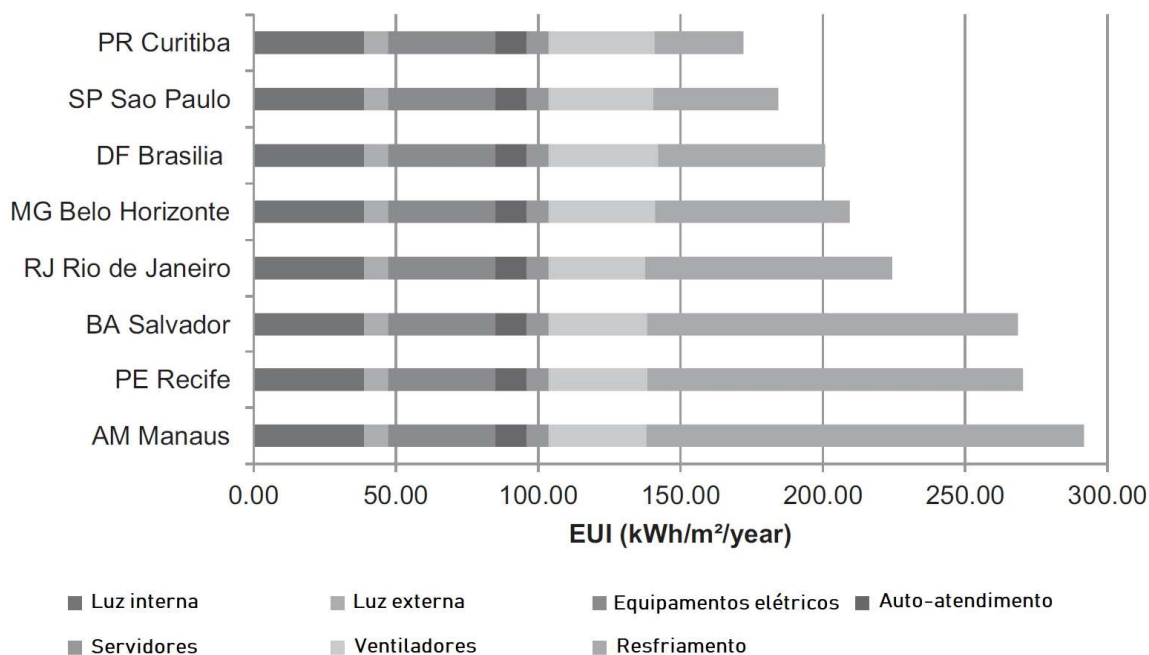
Paixão (2013), em estudo de caracterização tipológica de agências bancárias para verificar o potencial de economia de energia elétrica e etiquetagem com a implantação de sistemas fotovoltaicos, coletou dados de 34 agências bancárias, identificando 33 variáveis, com o objetivo de compor um protótipo para simulação do desempenho termo energético e verificar a economia de energia com a utilização de painéis fotovoltaicos, para as cidades de Vitória e Vila Velha, no Espírito Santo. Fundamentado nos resultados da simulação, através do programa computacional EnergyPlus, o autor identificou que a redução da área envidraçada, com inclusão de proteção solar e utilização de cores claras nas fachadas gerou uma economia de 31% no consumo de energia e atentou para a necessidade de observação da orientação solar da fachada principal, identificada como a que possui maior percentual de abertura, conforme estudo de Krüger e Mori (2012).

Borgstein e Lamberts (2014) desenvolveram um benchmark nacional do consumo energético para agências bancárias no Brasil, com o objetivo de criar indicadores de consumo para comparação do desempenho real dessas edificações e servir como ferramenta para avaliar e incentivar melhorias no desempenho energético. Através de dados coletados em três etapas, utilizaram inicialmente dados de consumo

elétrico anual de 10.976 agências bancárias, na segunda etapa dados do número de funcionários e tipos de equipamentos de ar-condicionado de 8.049 amostras e na terceira etapa realizaram auditorias locais para coletar dados de características chave. Através da análise de regressão linear simples de dados de 1890 amostras, em 57 climas diferentes, foi desenvolvido o benchmark para intensidade de consumo de energia, em kWh/m<sup>2</sup>/ano. A simulação térmica do desempenho da edificação foi utilizada para validar os resultados, utilizando os softwares EnergyPlus e DesignBuilder. Em relação às variáveis críticas, os autores atentaram para que, além da atenção dada para o desempenho energético dos sistemas de condicionamento de ar, o consumo devido a cargas elétricas internas tenha a devida atenção nos programas de eficiência energética, pois são uma área de consumo de energia que não é claramente considerada em avaliações energéticas de projetos ou simulações, mas representativa, conforme evidenciado na Figura 11, que demonstra o consumo de energia final, em oito cidades brasileiras. A Figura 11 apresenta o consumo simulado de energia em kWh/m<sup>2</sup>/ano (EUI), separadamente para a iluminação interna, iluminação externa, equipamentos elétricos, equipamentos de autoatendimento, servidores, ventiladores e equipamentos de resfriamento. Nota-se que, para cidades como Curitiba-PR, em regiões de clima mais ameno, o consumo dos equipamentos de resfriamento é menor do que o consumo da iluminação interna, já cidades em regiões mais quentes, como Manaus-AM, o consumo do sistema de resfriamento chega a ser, aproximadamente, três vezes maior que o consumo da iluminação interna.

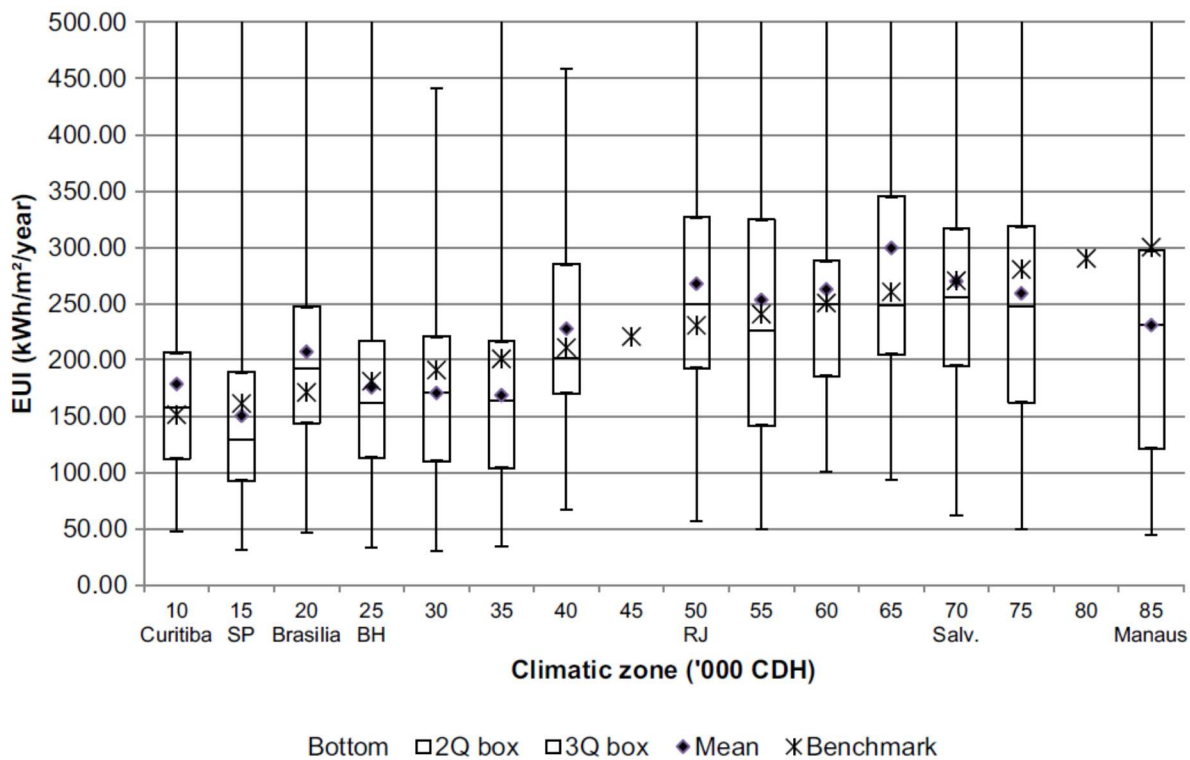
A Figura 12 apresenta o *Box Plot* do consumo proposto no benchmark de agências bancárias para os diferentes climas do Brasil. Os dados apresentados para Curitiba serão comparados com o intervalo da intensidade de consumo, obtido através da análise do consumo real das 72 agências estudadas.

**Figura 11 – Descrição do consumo de energia do banco pelo uso final em diferentes climas (resultado de simulação)**



Fonte: Borgstein e Lamberts (2014)

**Figura 12– Box Plot de consumo, proposto no benchmark com o intervalo para os diferentes climas do Brasil**

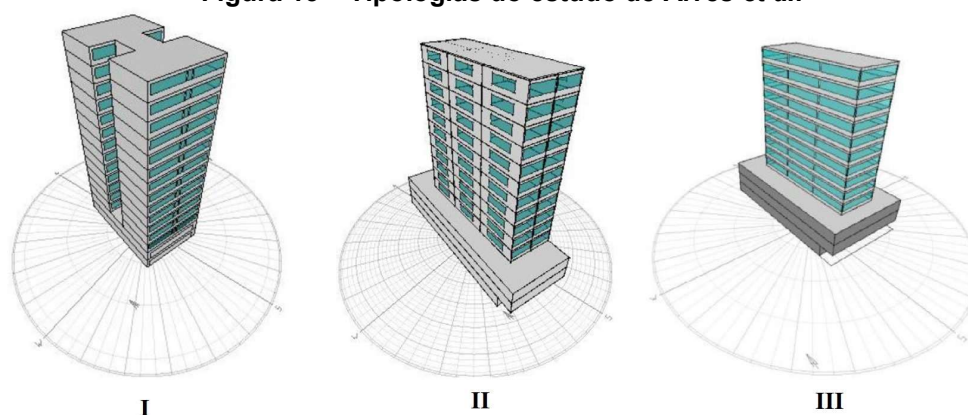


Fonte: Borgstein e Lamberts (2014)

Alves *et al.* (2017) desenvolveram uma metodologia para estimar uma linha de base de consumo energético (kWh/m<sup>2</sup>/ano) para edifícios de escritório, utilizando dados da legislação de uso do solo, banco de dados fiscais e levantamento de campo, coletados em três etapas. Inicialmente, utilizaram 298 edifícios altos, realizaram vistoria em 60 escritórios, analisaram a área interna de 19 edifícios e simularam energeticamente 3 arquétipos. A partir dos dados coletados e analisados das três etapas, classificaram e agruparam as amostras em três tipologias, segundo características construtivas, para desenvolver um protótipo e simular, através da ferramenta computacional EnergyPlus, o consumo anual por área construída. Os atributos utilizados para agrupar as edificações nas três tipologias foram características da inserção e legislação urbana, características dos sistemas da envoltória, iluminação, condicionamento de ar e características de ocupação, atividade e ano de construção. A Figura 13 mostra as três tipologias desenvolvidas e simuladas. Os resultados, analisados pelo consumo por uso final, como apresentado na Figura 14, evidenciaram que o maior consumo no Tipo I e Tipo II foi do sistema de iluminação. Em geral porque as edificações do Tipo I e II utilizam modo mistos, ventilação natural e condicionamento artificial, não aproveitam a iluminação natural e possuem sistema de iluminação ineficiente. Baseados nos resultados da simulação, verificaram que nos andares superiores o consumo energético é maior, comparado ao consumo dos escritórios no térreo. Os prédios do Tipo III, mais novos, consomem 78% mais que do Tipo I e 51% mais que do Tipo II, apesar dos sistemas de iluminação e ar condicionado serem mais modernos, sugeriram que esse resultado se deve pela configuração de planta aberta dos prédios mais novos e porque esses tendem a adotar uso mais intenso de energia para equipamentos e tecnologias, pois a planta livre necessita de ar condicionado central. Como sugestão, para reduzir o consumo energético, indicam a utilização de sistemas passivos de resfriamento, melhoria do desempenho dos vidros, com menor fator solar e inclusão de proteção solar. Alertam também para o fato de que a discussão deve ir além de desempenho e inovação tecnológica das edificações e equipamentos e dar mais importância ao debate sobre mudanças de comportamento e concepção da construção.

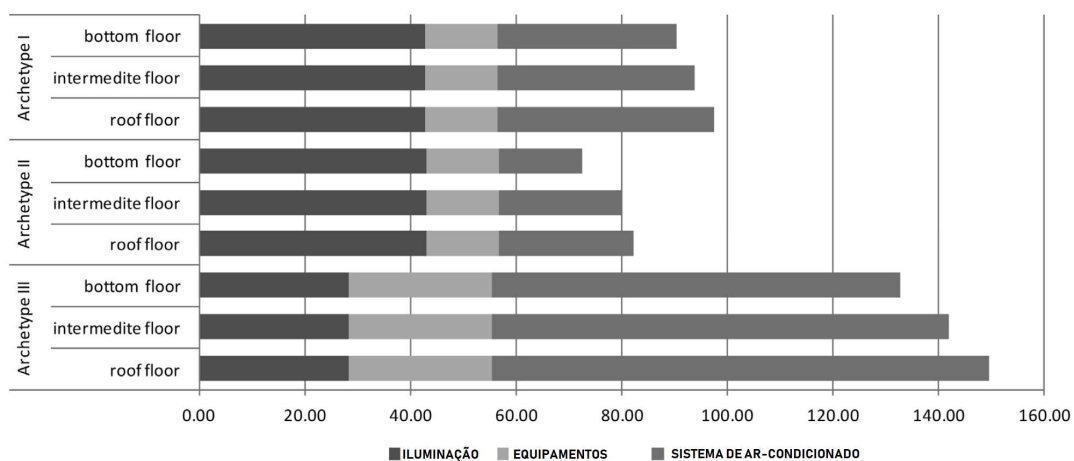


**Figura 13 – Tipologias do estudo de Alves *et al.***



**Fonte: Alves *et al.* (2017)**

**Figura 14 – Consumo por uso final, em kWh/m<sup>2</sup>/ano, por pavimento.**



**Fonte: Alves *et al.* (2017)**

Veloso *et al.* (2017) pesquisaram as características de projeto que influenciam o consumo de energia em edifícios de escritório, em Belo Horizonte (MG), com o objetivo de compreender as variáveis arquitetônicas que influenciam no consumo dessa tipologia. Coletaram dados do consumo de energia de 102 edificações comerciais e classificaram-nas em três tipologias, segundo características do sistema de ar-condicionado, percentual de abertura das fachadas, existência de fachadas de vidro, absorvância das paredes, características dos vidros, existência de proteção solar e década de construção. Através da análise estatística constataram a influência do sistema de condicionamento de ar no consumo energético. Edifícios que utilizam a ventilação natural ou sistema misto de condicionamento utilizaram até 58,7% menos energia por área, quando comparados à edifícios com sistema central de condicionamento de ar. Destacam que esse resultado está relacionado ao clima

ameno da cidade estudada, com alto percentual de horas de conforto com ventilação natural.

Jing *et al.* (2017) estudaram o desempenho energético de 30 edifícios comerciais em Hong Kong. Os dados foram coletados através de contas de energia elétrica, projetos e auditorias dessas 30 edificações, utilizando 17 variáveis relacionadas a características construtivas, do sistema de condicionamento de ar e do sistema de iluminação. Como dado comparativo foi utilizado o EUI em termos de evolução ao longo do tempo e por categoria. Nas amostras analisadas, outras ocupações eram realizadas concomitantemente ao uso escritório, portanto a análise foi segmentada por uso final de energia para os sistemas de condicionamento de ar, iluminação e outros. Para Jing *et al.* (2017) os sistemas determinantes do consumo de energia de edificações são os sistemas de aquecimento, condicionamento de ar e ventilação, iluminação e equipamentos. Concluíram que o sistema de condicionamento de ar é responsável pelo consumo de 68% da energia, o consumo do sistema de iluminação é de 14% e de outros sistemas é de 18%. Identificaram o excesso de equipamentos de ar condicionado instalados, o que diminui a eficiência do sistema, destacaram então a necessidade de precisão na previsão desse sistema. Desenvolveram também um modelo matemático para previsão do consumo, através da análise de regressão múltipla, verificado através de redes neurais.

No Quadro 2, são apresentados os principais estudos discutidos anteriormente.

Quadro 2 – Principais estudos similares

| Título / Autor   | Etapas Metodologia  | Nº de amostras  | Nº de variáveis analisadas | Resultado – variáveis críticas  |
|--|---|---|----------------------------|---|
| Eficiência energética e conforto ambiental na escolha de edificações para agências do Banco do Brasil: Proposta de critérios para o Distrito Federal (PEDREIRA, 2010)    | 1-Coleta de dados para definição do protótipo;<br>2-cálculo do desempenho energético segundo o RTQ-C;<br>3-Simulação Computacional  | Agências bancárias<br>46 (levantamento)<br>40 (vistoria)<br>10 (RTQ-C)<br>6 (simulação) | 20                         | Orientação solar<br>Posição no terreno<br>Formato<br>Número de pavimentos<br>Características parede e cobertura<br>Proteção solar<br>Tipo de abertura                                     |
| Caracterização tipológica de agências bancárias e seu potencial de economia de energia elétrica e etiquetagem com a implantação de sistemas fotovoltaicos (PAIXÃO, 2013) | 1 – Coleta de dados para definição do protótipo por meio de levantamento;<br>2 – Investigação sobre tecnologias fotovoltaicas; e<br>3 – Simulação para verificação do consumo   | Agências bancárias<br>34  | 33                         | Área envidraçada,<br>Proteção solar<br>Cores externas<br>Orientação solar da fachada  |
| Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil (BORGSTEIN e LAMBERTS, 2014)   | Coleta de dados em 3 etapas:<br>1 – Consumo anual elétrico;<br>2 – Nº funcionários e tipo de ar-condicionado;<br>3 – Auditoria local, entrevista e descrição de características chave.<br>Simulação do protótipo e estatística com regressão linear | Agências bancárias<br>1– 10.976<br>2 - 8.049<br>Estatística- 1.890                      | 41                         | Benchmark para agências bancárias.<br>Necessidade de atentar para o consumo por uso final.<br>Para Curitiba os limites de kWh/m²/ano foram:<br>mínimo 113 benchmark:<br>155<br>media: 180 |

## Continuação

|   |   |  |    |  |
|---|---|--|----|--|
| A methodology for estimating office building energy use baselines by means of land use legislation and reference buildings (ALVES <i>et al.</i> , 2017) | 1 – Auditoria para definição das características do protótipo;<br>2 – Definição de tipologias e protótipos; e<br>3 – Simulação                                | Edifícios de escritórios<br>298<br>60<br>(auditoria)<br>19<br>(análise área interna)<br>3<br>(simulação) | 26 | Condicionamento de ar<br>Ventilação natural<br>Pavimento<br>Período de construção<br>Layout<br>Tipo de vidro<br>Proteção solar |
| Research of design features that influence energy consumption in office buildings in Belo Horizonte, Brazil (VELOSO <i>et al.</i> , 2017)               | Coleta de dados de:<br>Consumo de energia elétrica (contas); e<br>Classificação em 3 tipologias.<br>Análise estatística                                       | Escritórios<br>102   | 7  | Condicionamento de ar<br>Ventilação natural  |
| A study on energy performance of 30 commercial office buildings in Hong Kong (JING <i>et al.</i> , 2017)  | Dados coletados de:<br>Contas de energia elétrica;<br>Projetos; e<br>Auditoria<br>Análise estatística regressão múltipla e verificação através de rede neural | Edifícios comerciais<br>30   | 17 | Condicionamento de ar  |

Fonte: Autoria própria.

O Quadro 02 destaca os principais estudos apresentados nessa seção, identificando a metodologia, número de amostras e variáveis analisadas e as variáveis críticas identificadas, que influenciaram no consumo energético.

Outros estudos similares também identificaram a influência de variáveis no consumo energético de edificações:

Densidade ocupacional: Priyadarsini *et al.* (2009), concluíram que a densidade de trabalhadores tem alta correlação com o consumo de energia.

Orientação da fachada principal: Como característica construtiva, as agências bancárias têm o maior percentual de abertura na fachada principal, principalmente pela localização do serviço de autoatendimento (PAIXÃO, 2013; PEDREIRA, 2010 e PEDREIRA e AMORIM, 2009), tal fator influenciou o consumo simulado de agências bancárias no estudo de Krüger e Mori (2012).

Percentual de abertura das fachadas: O percentual de abertura das fachadas é um parâmetro relacionado à entrada de luz e calor e à ventilação natural, fatores

esses diretamente correlacionados ao consumo de energia conforme verificado em diversos estudos (ALVES, 2017; PEDREIRA, 2010; PAIXÃO, 2013; KRÜGER e MORI, 2012).

Intensidade de uso de energia: EUI é uma variável comumente utilizada em estudos e também como índice de consumo em processos de etiquetagem na América do Norte e União Europeia (WONG e KRÜGER, 2017; ALVES *et al.*, 2017; BALLARINI e CORRADO, 2009; JING *et al.*, 2017; VELOSO *et al.*, 2017; CHUNG *et al.*, 2006).

Ano de construção: Alves *et al.* (2017), analisaram o uso de energia em edifícios de escritório, agrupando as edificações segundo três períodos de construção, antes de 2000, entre 2000 e 2009 e após 2010. Ballarini e Corrado (2009), Ballarini *et al.* (2014 e 2017), Caputo *et al.* (2013), Theodoridou *et al.* (2011) e Veloso *et al.* (2017) são alguns autores que utilizaram a classificação por ano de construção na análise do consumo energético.

Agrupamento em tipologias: segundo Jenkins (2010) os edifícios existentes devem ser agregados em diferentes categorias, pois variáveis como tipo de construção, localização e perfil de ocupação podem ter efeito significativo no uso de energia em edifícios. É mais importante analisar o consumo de energia segundo tipologias do que a análise do edifício isolado (MAURO *et al.*, 2015), pois esses dados podem ser utilizados como base para estimar o consumo do setor da construção civil (KAVGIC *et al.*, 2010). Em geral, edificações podem ser agrupadas segundo três critérios: zona climática, período de construção ou idade e tamanho ou forma (BALLARINI *et al.*, 2017; CAPUTO *et al.*, 2013).

## 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Zhao e Magoulés (2012), em sua revisão sobre a previsão do consumo de energia em edificações, apontaram o modelo da estatística de regressão como forma de correlacionar o consumo de energia com as variáveis de influência. Segundo os autores é um modelo desenvolvido para ser utilizado a partir de dados históricos de desempenho, que são os dados utilizados nessa pesquisa.

Quando os dados são medidos somente no nível ordinal eles são não paramétricos e é apropriado utilizar a correlação (FIELD, 2009).

Nesta seção são apresentados os conceitos estatísticos utilizados para a análise dos dados dessa pesquisa: a análise discriminante e a análise de correlação tau de Kendall.

#### 2.4.1 Análise Discriminante

O tratamento estatístico multivariado é uma ferramenta que pode ser utilizada para identificar as variáveis que influenciam o consumo e quais itens avaliados pelo regulamento melhor identificam as edificações com melhor desempenho energético. Para Hair *et al.* (2005), a análise discriminante pode ser utilizada quando a pesquisa tem o intuito de determinar a existência de diferenças estatísticas significantes entre os grupos, verificar quais das variáveis mais explicam essa diferença e estabelecer as dimensões de distinção entre os grupos.

A análise discriminante encontra as combinações lineares das variáveis que melhor separam os grupos (FIELD, 2009).

Segundo Hair *et al.* (2005), a análise discriminante é aplicada quando a amostra pode ser separada em grupos baseados em uma variável dependente não-métrica que caracteriza aquele agrupamento e tem como objetivos entender o que difere os grupos e prever a probabilidade em qual grupo um novo elemento pertencerá, baseado em diversas variáveis independentes métricas. A análise discriminante de Fischer será utilizada para agrupar e identificar as características daquelas agências que consomem menos energia, para que, quando uma nova agência for analisada, seja possível prever a qual grupo pertencerá, se ao grupo de agências que consome menos ou mais energia.

A matriz de estruturas, gerada na análise discriminante, apresenta o relacionamento entre as variáveis através dos coeficientes de correlação canônicos. Esses coeficientes variam de -1 a +1 e quanto mais próximos de -1 ou +1 maior é a contribuição da variável para a separação dos grupos (FIELD, 2009).

#### 2.4.2 Análise de Correlação tau de Kendall

Quando os dados coletados são assimétricos, com amostras pequenas ou desiguais, de condições não controladas e sem a certeza de apresentarem uma

condição normal, esses dados devem ser analisados por testes não-paramétricos (DANCEY e REIDY, 2018).

A análise de correlação tau de Kendall é um teste não-paramétrico e segundo Field (2009) deve ser usada quando há um conjunto pequeno de dados com pouca variação nos postos, melhor do que o coeficiente de Spearman para esses casos, pois é possível estabelecer generalizações mais precisas.

A correlação é uma medida de relacionamento linear entre variáveis (FIELD, 2009). A análise de correlação tem o objetivo de medir o grau de relacionamento entre as variáveis e associar os conjuntos de múltiplas variáveis dependentes e independentes (HAIR *et al.*, 2005).

O relacionamento linear entre as variáveis é medido através do coeficiente de correlação. O coeficiente de correlação é um índice quantitativo que mede a força de associação entre as variáveis e as classifica conforme a intensidade dessa correlação (HAIR *et al.*, 2005).

O coeficiente de correlação varia entre o -1 e +1. O coeficiente de +1 indica que as duas variáveis estão perfeitamente correlacionadas de forma positiva, se uma variável aumenta a outra também aumenta. O coeficiente de -1 indica que as duas variáveis estão perfeitamente correlacionadas de forma negativa, se uma variável aumenta a outra diminui na mesma proporção (FIELD, 2009).

A Tabela 2 demonstra a força de associação entre as variáveis, conforme a variação do coeficiente de correlação.

**Tabela 2–Regras Práticas sobre o valor do coeficiente de correlação**

| <b>Variação do Coeficiente</b> | <b>Força de Associação</b> |
|--------------------------------|----------------------------|
| ±0,91 – ±1,00                  | Muito Alta                 |
| ±0,71 – ±0,90                  | Alta                       |
| ±0,41 – ±0,70                  | Moderada                   |
| ±0,21 – ±0,40                  | Pequena mas definida       |
| ±0,01 – ±0,20                  | Leve, quase imperceptível  |

**Fonte: HAIR *et al.* 2005**

O coeficiente de correlação tau de Kendall será utilizado para identificar a correlação entre os níveis de eficiência energética e o consumo das agências vistoriadas.





### 3 MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia aplicada foi baseada nos principais estudos da revisão bibliográfica e segue as etapas: coleta de dados de consumo de 72 agências bancárias, coleta de dados das características de 32, seleção da amostra, vistoria em 12 edificações, cálculo do nível de eficiência energética de 11 das 12 agências vistoriadas e, finalmente, análise dos dados comparativamente e estatisticamente.

A pesquisa foi classificada como estudo de campo, pois as edificações estão em um ambiente natural, onde não há controle suficiente de algumas variáveis, e são utilizadas variáveis independentes, com dados reais (COOPER e SCHINDLER, 2016).

A pesquisa foi desenvolvida em duas fases. A primeira fase englobou três etapas. A segunda fase englobou cinco etapas.

A primeira fase foi composta das etapas:

1.1 – Obtenção de dados de 72 agências bancárias em Curitiba, como a área construída, ano da construção, número de ocupantes, formato, orientação da fachada principal e consumo de energia elétrica de 2014 a 2016. O conjunto de dados foi fornecido pela equipe de gerenciamento e instalações da instituição bancária. Devido ao grande número de agências, foi utilizado o método remoto de levantamento e mapeamento de informações de orientação solar e tipologia. Foi realizado um *tour* virtual das 72 agências, através do Google Street View TM, para coletar imagens e identificar o contexto urbano da agência, e, através do Google Earth, foram coletados dados de orientação solar da fachada principal e geometria da edificação;

1.2 – Classificação e agrupamento tipológico segundo características construtivas, ano de construção e densidade de ocupação das agências;

1.3 – Análise de 32 agências segundo detalhes construtivos, incluindo percentual de abertura das fachadas e tipologias definidas na etapa 1.2, dentre outras variáveis. Foram selecionadas essas 32 agências pois são as únicas para as quais a instituição bancária possuía algum dos projetos: arquitetônico, e/ou elétrico e/ou ar-condicionado. As outras edificações ou eram muito antigas ou a instituição não possuía projeto, pois a maioria das agências não é de propriedade da instituição.

1.4 – Tratamento estatístico multivariado, através da análise discriminante, das 32 agências da etapa anterior, com o objetivo de encontrar as variáveis que influenciam o consumo energético das agências. Identificação das variáveis que mais distinguem o grupo de agências com menor consumo energético.

A segunda fase foi composta das etapas:

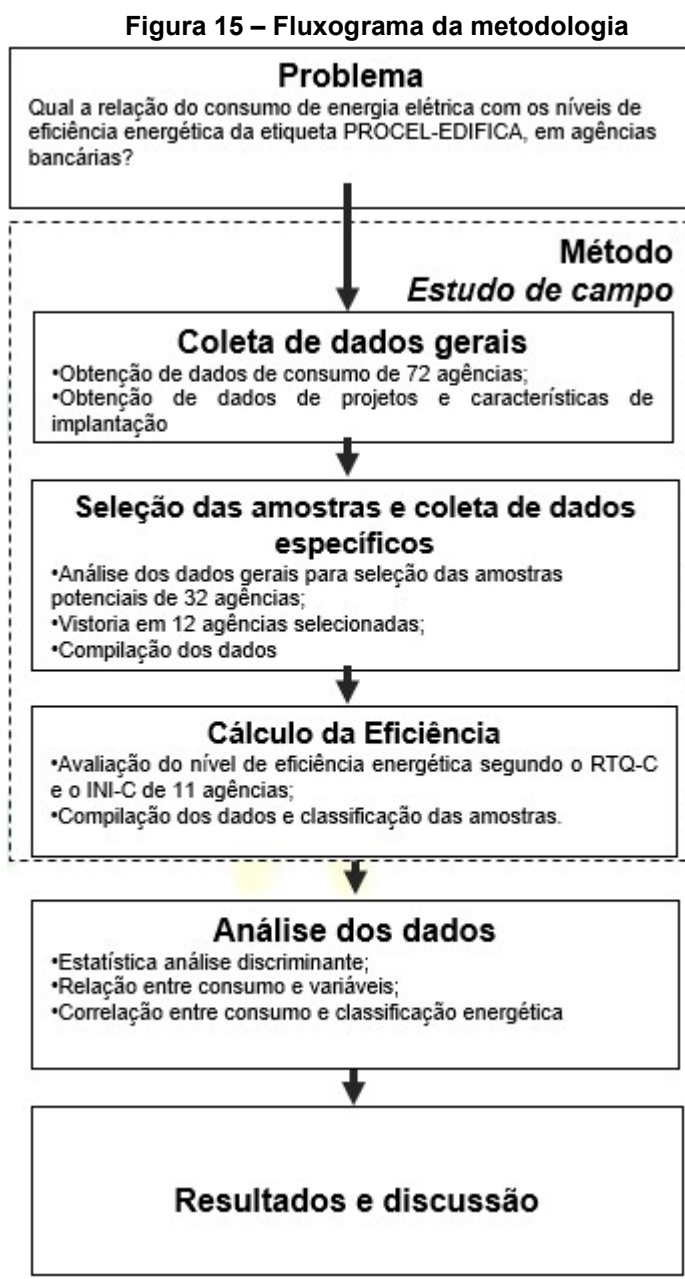
2.1 – Vistoria das características construtivas, de iluminação e ar-condicionado e consulta sobre a utilização de ar-condicionado e iluminação de 12 agências bancárias. Uma das edificações não se enquadra nos requisitos para utilização do método simplificado da INI-C, portanto foram utilizadas apenas as informações de 11 edificações;

2.2 – Cálculo do nível de eficiência energética de 11 edificações vistoriadas, segundo método prescritivo do RTQ-C, através do cálculo do nível de eficiência dos sistemas da envoltória, iluminação e condicionamento de ar e geral. Como instrumento de análise foi utilizado o método prescritivo de determinação da eficiência energética, segundo o RTQ-C (2014), método vigente para etiquetagem de edificações comerciais, de serviço e públicas. Para o cálculo das propriedades térmicas dos elementos e componentes das edificações foram utilizados a Norma técnica NBR 15.220/2003-Parte:2 e Anexo V da Portaria INMETRO n°50/2013;

2.3– Cálculo do nível de eficiência energética das 11 edificações vistoriadas, segundo o método simplificado da proposta de aperfeiçoamento do regulamento, a INI-C, através do cálculo do nível de eficiência dos sistemas da envoltória, iluminação e condicionamento de ar e geral. Como instrumento de análise foi utilizado o método simplificado da proposta de aperfeiçoamento do regulamento, a Instrução Normativa INMETRO para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C,2018). Para o cálculo das propriedades térmicas dos elementos e componentes das edificações foram utilizados a Norma técnica NBR 15.220/2003-Parte:2 e Anexo V da Portaria INMETRO n°50/2013. Para o cálculo da carga térmica de resfriamento foram utilizados como referência os valores da Tabela A.1, para edificações de escritório, pois não há na INI-C dados de referência para agências bancárias. Os dados da tabela de edificações de escritório possuem horário de funcionamento e características que mais se assemelham à das agências bancárias;

2.4 – Análise comparativa entre os níveis de eficiência obtidos e o consumo energético real, das 11 agências vistoriadas e estudadas nas etapas 2.2 e 2.3, tendo como base os anos de 2014 a 2016, através de tratamento estatístico, método de correlação tau de Kendall.

A Figura 15 ilustra a metodologia:



Fonte: Autoria própria

### 3.1 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

Os dados utilizados nesta pesquisa são de natureza primária e secundária. Dados primários são aqueles coletados para esta pesquisa, dados secundários são os disponíveis em estudos anteriores.

Os dados primários foram obtidos de duas maneiras: dados fornecidos pela instituição bancárias e dados coletados através de vistoria, realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2017, análise dos projetos e cálculo da eficiência energética das edificações.

Os dados secundários foram obtidos mediante pesquisa bibliográfica. As fontes de dados consultadas foram publicações científicas e acadêmicas, livros e instituições com relação entre eficiência energética e consumo de energia.

Os dados fornecidos pela instituição bancária foram o consumo de energia elétrica mensal referente aos anos de 2014, 2015 e 2016, ano de construção da edificação e número de funcionários. Também foram fornecidos os projetos arquitetônico, de iluminação e ar-condicionado de algumas edificações.

Na vistoria das 12 agências, foram levantados *in loco* dados das características construtivas, do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar e características de operação, para que posteriormente fosse calculado o nível de eficiência energética dessas agências vistoriadas.

Os dados das características construtivas foram coletados através da conferência das dimensões dos elementos que diferiam do projeto arquitetônico, conferência das dimensões das aberturas, dos elementos de sombreamento, pé-direito dos ambientes, material e espessura das paredes, material da estrutura, da telha, do forro, do vidro e existência ou não de película. Quanto ao sistema de iluminação, foram coletados dados do tipo e potência das lâmpadas e dados do quadro de energia quanto ao atendimento aos pré-requisitos de separação dos circuitos por uso final, divisão dos circuitos com controle de acionamento manual, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação. No que se refere ao sistema de condicionamento de ar, foram coletados dados dos equipamentos de ar-condicionado, modelo e marca dos equipamentos, dados de espessura do isolamento dos tubos e temperatura do termostato.

Foi constatado em vistoria que nenhuma agência possui iluminação zenital e tampouco aquecimento de água, portanto dados relacionados a essas duas variáveis não serão analisados neste estudo.

Os dados das características de operação foram coletados através de questionamento pessoal ao responsável pela agência, com questões sobre o horário de funcionamento, responsabilidade sobre o controle dos sistemas de iluminação e

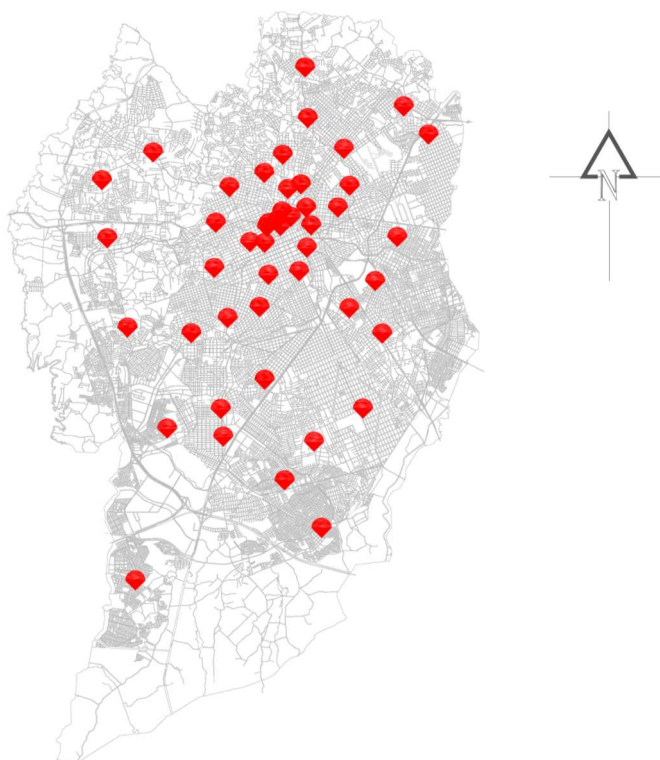
condicionamento de ar, padronização de processos e temperatura de *setpoint* do sistema de condicionamento de ar, conforme informado no apêndice.

### 3.2 DESCRIÇÃO DAS AGÊNCIAS

Verificou-se que todas as agências funcionam no mesmo horário, internamente das 8h às 18h, atendimento ao público das 10h às 16h e serviço de autoatendimento das 6h às 22h. Uma pessoa é responsável pelo acionamento e desligamento das lâmpadas no início e final do expediente, nas agências vistoriadas. Não há um procedimento padronizado de desligar as luminárias em locais de escritório sem ocupação, em algumas agências isso ocorre, mas, na maioria, todas as luminárias ficam acessas durante o horário interno de funcionamento, de segunda-feira a sexta-feira. No serviço de autoatendimento as luminárias e o ar-condicionado ficam ligados todos os dias da semana, durante o horário de funcionamento. Há uma normativa da instituição para que o sistema de ar condicionado fique entre as temperaturas de 22°C e 26°C, mas na maioria das agências a temperatura do termostato estava entre 21°C e 22°C, com mínima encontrada de 21°C e máxima de 24°C. Em geral, a temperatura do termostato não é alterada ao longo do dia. O sistema de condicionamento de ar é programado para funcionar das 9hrs às 18hrs, com exceção de uma sala específica que possui um equipamento de ar-condicionado etiquetado com funcionamento 24hrs por dia, todos os dias da semana.

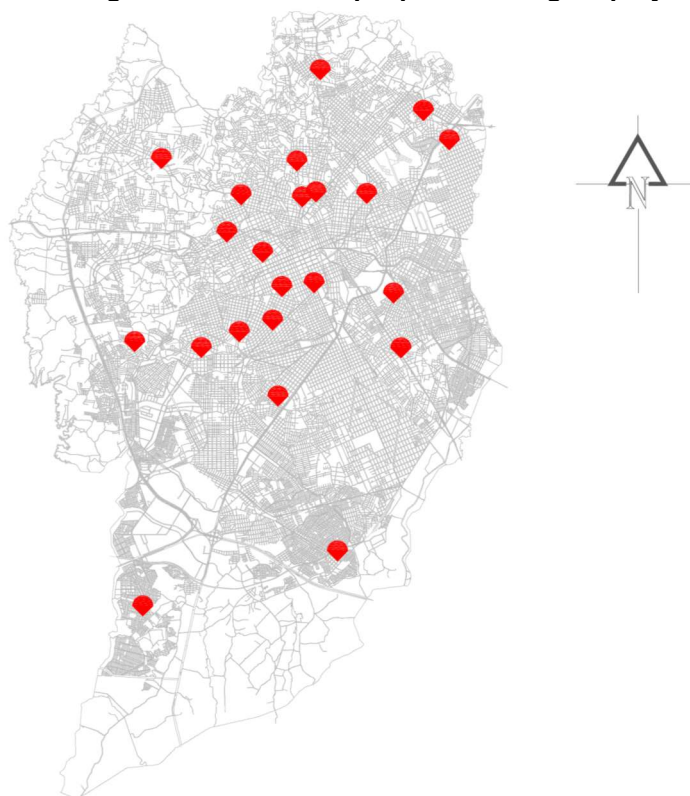
As Figuras 16, 17 e 18 representam a localização das agências bancárias da instituição bancária analisada, nas três etapas de análise desse estudo.

**Figura 16 – Localização de todas as agências bancárias da instituição em Curitiba**



**Fonte: Autoria própria**

**Figura 17 – Localização das agências bancárias que possuem algum projeto em Curitiba**



**Fonte: Autoria própria**

**Figura 18 – Localização das 12 agências vistoriadas em Curitiba**



**Fonte: Autoria própria**

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para atingir os objetivos propostos neste estudo foram analisadas as variáveis descritas nesta seção. Há duas categorias de variáveis, as variáveis diretamente relacionadas são cálculo do nível de eficiência energética, conforme o RTQ-C, e as variáveis críticas relacionadas ao consumo energético em edificações, selecionadas mediante a realização de revisão bibliográfica, como os resultados apresentados por Paixão (2013), Pedreira (2010), Alves *et al.* (2017), Jing *et al.* (2017), Spyropoulos e Balaras (2011).

Para as variáveis críticas, conforme trabalhos similares, foram utilizados dados das agências agrupadas em tipologias. Segundo Jenkins (2010), o estudo de edificações de acordo com tipologias pode ser significativo em relação ao padrão de consumo de energia, pois as edificações existentes são muito heterogêneas. O

agrupamento tipológico foi realizado na etapa 1.2 da primeira fase, e está descrito na seção Agrupamento das Agências.

O Quadro 03 elenca as variáveis que serão analisadas neste estudo. As variáveis 1 a 17 estão diretamente relacionadas ao cálculo da eficiência energética por meio do método prescritivo do RTQ-C, as outras variáveis foram identificadas a partir da revisão bibliográfica.

**Quadro 3– Variáveis identificadas**

|    | <b>Variável</b>   |
|----|---|
| 1  | Circuitos elétricos (Pré-requisito RTQ-C)                             |
| 2  | Transmitância térmica da parede (Pré-requisito RTQ-C)                 |
| 3  | Transmitância térmica da cobertura (Pré-requisito RTQ-C)              |
| 4  | Ângulo horizontal de sombreamento das aberturas                       |
| 5  | Ângulo vertical de sombreamento das aberturas                         |
| 6  | Percentual de abertura total  |
| 7  | Indicador de consumo da envoltória                                    |
| 8  | Nível de eficiência da envoltória                                     |
| 9  | Divisão de circuitos (Pré-requisito RTQ-C)                            |
| 10 | Contribuição luz Natural (Pré-requisito RTQ-C)                        |
| 11 | Desligamento automático (Pré-requisito RTQ-C)                         |
| 12 | Potência de iluminação interna  |
| 13 | Nível de eficiência do sistema de iluminação                          |
| 14 | Isolamento da tubulação de condicionamento de ar(Pré-requisito RTQ-C) |
| 15 | Eficiência dos equipamentos de condicionamento de ar                  |
| 16 | Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar               |
| 17 | Classificação geral   |
| 18 | Densidade de ocupação   |
| 19 | Orientação da fachada principal                                       |
| 20 | Percentual de abertura da fachada Norte                               |
| 21 | Percentual de abertura da fachada Sul                                 |
| 22 | Percentual de abertura da fachada Leste                               |
| 23 | Percentual de abertura da fachada Oeste                               |
| 24 | Consumo de energia elétrica   |
| 25 | Tipologia   |
| 26 | Área total  |

**Fonte: Autoria própria.**



As variáveis são descritas na sequência e foram calculados conforme preconiza o RTQ-C:

**Circuitos elétricos:** Em vistorias, foi verificado se, no quadro de energia, os circuitos estão separados por uso final, para iluminação, sistema de condicionamento de ar e equipamentos, conforme pré-requisito geral do RTQ-C.

**Transmitância térmica de paredes e cobertura:** A transmitância térmica de paredes e coberturas é um pré-requisito da envoltória e foi calculada através do método estabelecido na NBR 15.220 (Parte 2). Os dados sobre a composição das paredes e coberturas foram coletados em vistoria. A transmitância térmica ( $W/(m^2K)$ ) é a transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária do componente construtivo, conforme dados do RTQ-C (INMETRO, 2003).

**Ângulos horizontal (AHS) e vertical (AVS) de sombreamento:** Os dados para esse cálculo foram extraídos de medições *in loco* e dados de projeto. Os ângulos de sombreamento são itens que compõem o cálculo do Indicador de Consumo da envoltória e representam, em graus, o sombreamento das aberturas por marquises, beiras, sistemas de proteção solar e autosombreamento. O ângulo vertical representa o sombreamento resultante de anteparos paralelos ao plano do piso, e o ângulo horizontal representa anteparos perpendiculares ao plano do piso.

**Percentual de abertura total (PAFT):** Os dados para esse cálculo foram extraídos de medições *in loco* e dados de projeto. Esse percentual representa a soma das áreas de abertura envidraçada ou translúcida em relação à área de todas as fachadas da edificação.

**Indicador de consumo da envoltória (ICenv):** Os dados para esse cálculo foram extraídos de medições *in loco* e dados de projeto. O ICenv é utilizado para classificar a eficiência da envoltória, sem a consideração dos pré-requisitos. Para o cálculo do ICenv é necessário extrair os dados de área total, área de projeção da edificação, área de cobertura, área de fachada, volume total, área de aberturas, percentual de abertura total das fachadas, percentual de abertura da fachada oeste, fator solar das aberturas e ângulos de sombreamento.

**Equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv):** O Equivalente numérico da envoltória foi calculado através do método prescritivo. O EqNumEnv representa a eficiência da envoltória, considerados o ICenv e os pré-requisitos.

Divisão de circuitos: A divisão de circuitos é um pré-requisito do sistema de iluminação. Foi verificado *in loco* se todos os ambientes possuíam pelo menos um dispositivo de controle manual para acionamento independente da iluminação interna.

Contribuição da luz natural: A contribuição da luz natural é um pré-requisito do sistema de iluminação. Foi verificado *in locos* e, em ambientes que possuíam aberturas externas, a fileira de luminárias mais próxima à abertura possuía acionamento independente.

Desligamento automático do sistema de iluminação: O desligamento automático do sistema de iluminação é um pré-requisito do sistema de iluminação. Foi verificado *in loco*, se, em ambientes maiores que 250m<sup>2</sup>, havia algum dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação.

Potência de iluminação interna: A avaliação do nível de eficiência da iluminação é estabelecida através do cálculo do limite de potência de iluminação para espaços internos. O método utilizado foi o método da área do edifício, conforme preconiza o RTQ-C.

Equivalente numérico da iluminação (EqNumDPI): O Equivalente numérico do sistema de iluminação foi calculado através do método prescritivo. O EqNumDPI representa a eficiência do sistema de iluminação, considerados os pré-requisitos e a potência de iluminação interna.

Isolamento térmico dos tubos do ar-condicionado: A espessura do isolamento térmico dos tubos do ar-condicionado é um pré-requisito do sistema de condicionamento de ar e foi calculada conforme dados tabelados do RTQ-C. Foi verificada *in loco* a espessura do isolamento dos tubos.

Eficiência dos equipamentos condicionadores de ar: A avaliação dos equipamentos condicionadores de ar é dividida em equipamentos etiquetados e não etiquetados pelo PBE/INMETRO. Foi verificada *in loco* a especificação dos equipamentos utilizados e através de dados obtidos em manuais foi estabelecido o nível de eficiência.

Equivalente numérico de condicionamento de ar (EqNumAC): O Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar foi calculado através do método prescritivo. O EqNumAC representa a eficiência do sistema de condicionamento de ar, considerados os pré-requisitos e o nível de eficiência dos equipamentos.

Classificação Geral: A classificação geral do nível de eficiência do edifício foi calculada através da plataforma on-line Webprescritivo, disponível em

<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. O Webprescritivo foi desenvolvido pelo LABEEE, para facilitar e automatizar o cálculo da etiqueta PBE EDIFICA. No cálculo da classificação geral são consideradas as classificações por sistemas individuais e os pré-requisitos gerais. Para obtenção do resultado final, foi necessário inserir todos os dados da envoltória e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

Densidade ocupacional: As agências foram agrupadas conforme a densidade de ocupação dos funcionários. Neste caso, foi utilizado o parâmetro número de funcionários por cada 100m<sup>2</sup> de área construída. Foram definidos cinco tipos de densidade ocupacional, de 2 a 6 pessoas a cada 100m<sup>2</sup>.

Orientação da fachada principal: Uma das características construtivas das agências bancárias é que a fachada principal tem o maior percentual de abertura em relação às outras, principalmente pela localização do serviço de autoatendimento (PAIXÃO, 2013; PEDREIRA, 2010; PEDREIRA e AMORIM, 2009).

Percentual de abertura das fachadas: Para cada edificação foi calculado o percentual de abertura de todas as fachadas, identificadas segundo sua orientação solar.

Intensidade de uso de energia (EUI): EUI é um padrão utilizado mundialmente para identificar a intensidade de uso de energia, expresso em kWh/m<sup>2</sup>/ano, que permite a comparação do consumo de um conjunto de edifícios uniformes, para 1 m<sup>2</sup>, em um ano. O benchmark nacional de consumo para agências bancárias, desenvolvido por Borgstein e Lamberts (2014), utiliza esse parâmetro para o consumo energético.

Área total construída: da análise da frequência da área total construída das agências analisadas, o intervalo de frequência foi dividido numa escala de 5 pontos.



### 3.3.1 Agrupamento das Agências

Como as edificações analisadas têm características construtivas variadas, elas foram agrupadas segundo tipologias, conforme observado por Jenkins (2010), em tipo de construção e localização, pois essas variáveis podem ter efeito significativo no uso de energia em edifícios.

Para classificar e agrupar as agências, de acordo com o tamanho e tipo, os atributos predominantes foram identificados.

Uma variável foi extraída do agrupamento de agências: Tipologia Construtiva. Na etapa 1.2 da primeira fase as agências bancárias foram classificadas e agrupadas por tipologia, conforme suas características construtivas. As edificações foram agrupadas em quatro tipos, A, B, C e D, conforme o Quadro 04:

**Quadro 4 – Tipologias das agências bancárias**

| <b>Tipo</b> | <b>Descrição</b>   | <b>Característica</b>   | <b>Imagem representativa</b>   |
|-------------|--------------------|---|--|
| A           | Complexo comercial | Inserido em uma edificação com vários pavimentos ou em um complexo comercial.<br>Localizado na área central e suburbana |    |
| B           | Geminada           | Laterais geminadas com edificações vizinhas.<br>Localizada comumente em áreas adensadas                                 |   |
| C           | Semi-geminada      | Uma das laterais geminada com edificações vizinhas.<br>Localizada comumente em áreas menos adensadas                    |  |
| D           | Isolada            | Edificação isolada no lote.<br>Localizada comumente em áreas mais afastadas do centro e menos adensadas                 |  |

Fonte: Autoria própria.

## 3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

### 3.4.1 Tratamento dos Dados

Os dados coletados foram tabulados, resultando em matrizes que relacionam a eficiência geral e dos sistemas da envoltória, iluminação e condicionamento de ar com o consumo de energia elétrica e uma matriz que agrupa as agências bancárias com menor consumo e as relaciona com as variáveis críticas. A partir da primeira matriz, com os dados das 32 agências, foi aplicado o tratamento estatístico de análise discriminante, com o objetivo de encontrar as variáveis que distinguem o grupo de agências com menor consumo e a confirmação de que as agências foram agrupadas corretamente. A partir da segunda matriz, com os dados de 11 agências bancárias, foi aplicado o tratamento estatístico de correlação tau de Kendall, relacionando o consumo com o nível de eficiência, com o objetivo de identificar se as agências com melhor nível de eficiência energética consomem menos energia.

O ferramental da estatística discriminante consiste em técnicas estatísticas multivariadas, agrupamento de extremos e testes estatísticos não paramétricos com o uso dos pacotes de estatística SPSS 18.0 (*Statistical Package for Social Sciences*). A análise estatística de correlação utilizou o mesmo pacote de estatística do SPSS 18.0.

### 3.4.2 Determinação da Escala

Para cada variável foi associada a uma escala de cinco pontos, atrelada ao que o regulamento de etiquetagem determina como requisito para atender do nível mais eficiente ao nível menos eficiente. Portanto, 1 ponto equivale ao nível E, e 5 pontos equivalem ao nível A, conforme apresentado no Quadro 5.

As 21 primeiras variáveis estão associadas ao processo de etiquetagem de edificações brasileiro, o restante foi extraído da literatura.

Quadro 5 – Escala das variáveis

| Variável | Escala de 5 pontos  |  |                                       |                                       |                              |
|----------|---|--|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|          | 5   | 4  | 3                                     | 2                                     | 1                            |
| 1        | Possuir circuito elétrico separado por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final. |  |                                       |                                       |                              |
|          | Possui-mantém nível A   | Possui-mantém nível B  | Não possui, máximo nível C            | Não possui, máximo nível D            | Não possui, máximo nível E   |
| 2        | Transmitância térmica paredes Upar - ZB1  |  |                                       |                                       |                              |
|          | < 1,00 W/m <sup>2</sup> K - A   | entre 1 W/m <sup>2</sup> K e 2W/M <sup>2</sup> k - B   | até 3,70W/m <sup>2</sup> K – mantém C | até 3,70W/m <sup>2</sup> K – mantém D | > 3,70W/m <sup>2</sup> K - E |
| 3        | Transmitância térmica coberturas Ucob - ZB1   |  |                                       |                                       |                              |
|          | < 0,5W/m <sup>2</sup> K amb. Condicionados e 1,00W/m <sup>2</sup> K amb. NÃO Condicionados - A  | até 1,0W/m <sup>2</sup> K amb. Condicionados e 1,50W/m <sup>2</sup> K amb. NÃO Condicionados - B | até 2,00W/m <sup>2</sup> K – mantém C | até 2,00W/m <sup>2</sup> K – mantém D | > 2,00W/m <sup>2</sup> K - E |
| 4        | Ângulo horizontal de sombreamento (°)   |  |                                       |                                       |                              |
|          | 45  | 31-44  | 15-30                                 | 1-14                                  | 0                            |
| 5        | Ângulo vertical de sombreamento (°)   |  |                                       |                                       |                              |
|          | 45  | 31-44  | 15-30                                 | 1-14                                  | 0                            |
| 6        | Percentual de abertura total (%)  |  |                                       |                                       |                              |
|          | 100 - 81  | 80 - 61  | 60 - 41                               | 40 - 21                               | 20 - 0                       |
| 7        | Indicador de Consumo da Envoltória - EqNumEnv   |  |                                       |                                       |                              |
|          | A   | B  | C                                     | D                                     | E                            |
| 8        | Nível de eficiência da Envoltória – Segundo RTQ-C   |  |                                       |                                       |                              |
|          | A   | B  | C                                     | D                                     | E                            |
| 9        | Nível de eficiência da Envoltória – Segundo INI-C   |  |                                       |                                       |                              |
|          | A   | B  | C                                     | D                                     | E                            |
| 10       | Divisão dos circuitos – Acionamento independente  |  |                                       |                                       |                              |
|          | Atende-mantém nível A   | Atende-mantém nível B  | Atende-mantém nível C                 | Não atende - máximo D                 | Não atende - mantém E        |
| 11       | Contribuição da luz natural   |  |                                       |                                       |                              |
|          | Atende-mantém nível A   | Atende-mantém nível B  | Não atende - máximo C                 | Não atende - mantém D                 | Não atende - mantém E        |

## Continuação

| Variável | Escala de 5 pontos  |                       |                       |                       |                       |
|----------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          | 5   | 4                     | 3                     | 2                     | 1                     |
| 12       | Desligamento automático do sistema de iluminação                                    |                       |                       |                       |                       |
|          | Atende - mantém nível A   | Não atende - máximo B | Não atende - mantém C | Não atende - mantém D | Não atende - mantém E |
| 13       | Método da área – Potência limite do edifício (W/m <sup>2</sup> )                    |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 14       | Nível de eficiência do sistema de iluminação– Segundo RTQ-C                         |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 15       | Nível de eficiência do sistema de iluminação– Segundo INI-C                         |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 16       | Isolamento térmico para dutos do Sistema de condicionamento de ar. Tabela 5.2 RTQ-C |                       |                       |                       |                       |
|          | >=1,5cm – mantém A  | < 1,5cm - máximo B    | < 1,5cm - mantém C    | < 1,5cm - mantém D    | < 1,5cm - mantém E    |
| 17       | Eficiência dos equipamentos de ar-condicionado - Segundo RTQ-C                      |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 18       | Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar - Segundo RTQ-C             |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 19       | Nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar - Segundo INI-C             |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 20       | Classificação geral - Segundo RTQ-C   |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 21       | Classificação geral - Segundo INI-C   |                       |                       |                       |                       |
|          | A   | B                     | C                     | D                     | E                     |
| 22       | Densidade ocupacional- n <sup>o</sup> pessoas/100m <sup>2</sup>                     |                       |                       |                       |                       |
|          | 6   | 5                     | 4                     | 3                     | 2                     |
| 23       | Orientação da fachada frontal   |                       |                       |                       |                       |
|          | Norte   | Sul                   | Leste                 | Oeste                 |                       |

## Continuação

| Variável | Escala de 5 pontos  |                                      |                                      |                                      |                                  |
|----------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
|          | 5   | 4                                    | 3                                    | 2                                    | 1                                |
| 24       | Percentual de aberturada Fachada NORTE (%)  |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | 100 - 81  | 80 - 61                              | 60 - 41                              | 40 - 21                              | 20 - 0                           |
| 25       | Percentual de abertura da Fachada SUL (%)   |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | 100 - 81  | 80 - 61                              | 60 - 41                              | 40 - 21                              | 20 - 0                           |
| 26       | Percentual de abertura da Fachada LESTE (%)   |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | 100 - 81  | 80 - 61                              | 60 - 41                              | 40 - 21                              | 20 - 0                           |
| 27       | Percentual de abertura da Fachada OESTE (%)   |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | 100 - 81  | 80 - 61                              | 60 - 41                              | 40 - 21                              | 20 - 0                           |
| 28       | Intensidade de Consumo – kWh/m <sup>2</sup> /ano (EUI)<br>Conforme Fig. 9, artigo BORGSTEIN, LAMBERTS (2014). Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | < 113<br>kWh/m <sup>2</sup> /ano  | 114 a 144<br>kWh/m <sup>2</sup> /ano | 145 a 175<br>kWh/m <sup>2</sup> /ano | 176 a 205<br>kWh/m <sup>2</sup> /ano | > 206<br>kWh/m <sup>2</sup> /ano |
| 29       | Tipologia   |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | A   | B                                    | C                                    | D                                    |                                  |
| 30       | Área construída total (m <sup>2</sup> )   |                                      |                                      |                                      |                                  |
|          | Até550  | 551 a 750                            | 751 a 900                            | 1001 a 1250                          | Acima de 1250                    |

Fonte: Autoria própria.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

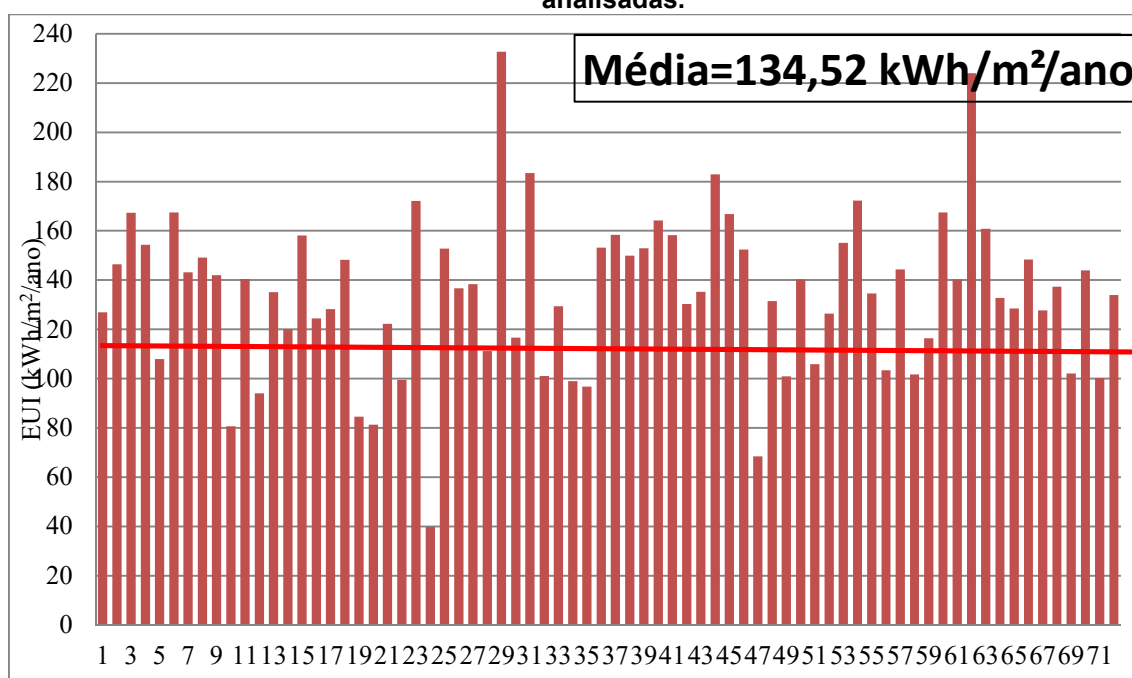
Essa seção foi dividida conforme o número de agências analisadas. Primeiramente serão apresentados os resultados para a amostra de 72 agências, posteriormente 32 agências e finalmente das 11 agências analisadas.

### 4.1 ANÁLISE DE 72 AGÊNCIAS BANCÁRIAS

A análise das 72 agências bancárias considerou os aspectos: ano de construção, densidade ocupacional, tipologia, consumo de energia elétrica (kWh/m<sup>2</sup>/ano) e características construtivas.

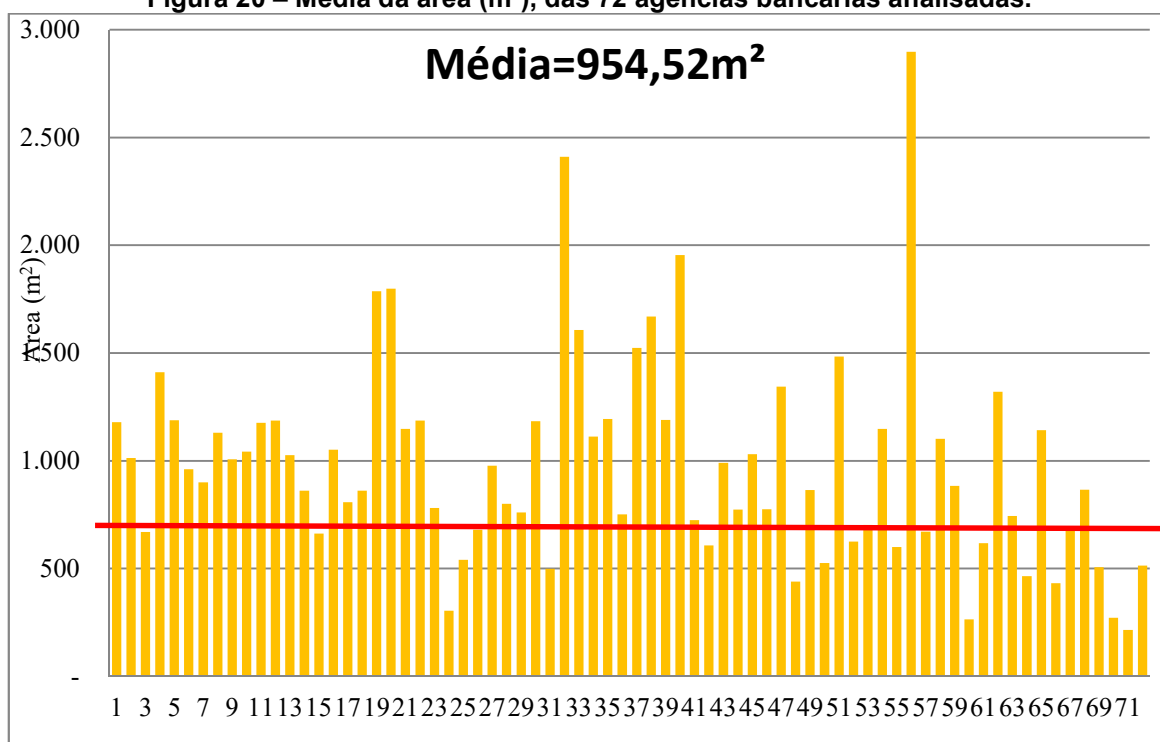
A Figura 20 apresenta a média das 72 agências em relação a intensidade de consumo de energia elétrica (kWh/m<sup>2</sup>/ano), área (m<sup>2</sup>) e a densidade de ocupação (número de pessoas para cada 100m<sup>2</sup>). O consumo médio encontrado foi de 134,52 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com um desvio padrão de 32,19kWh/m<sup>2</sup>/ano. A Figura 21 apresenta a área média de 954,52m<sup>2</sup>, com um desvio padrão de 472,91m<sup>2</sup>. A Figura 22 apresenta a densidade ocupacional média de 2,75 pessoas para cada 100m<sup>2</sup>, com um desvio padrão de 0,80 pessoas/100m<sup>2</sup>. A densidade ocupacional de 2,75 pessoas/100m<sup>2</sup> pode ser considerada como baixa ocupação.

**Figura 19 – Média do consumo energético (kWh/m<sup>2</sup>/ano), das 72 agências bancárias analisadas.**



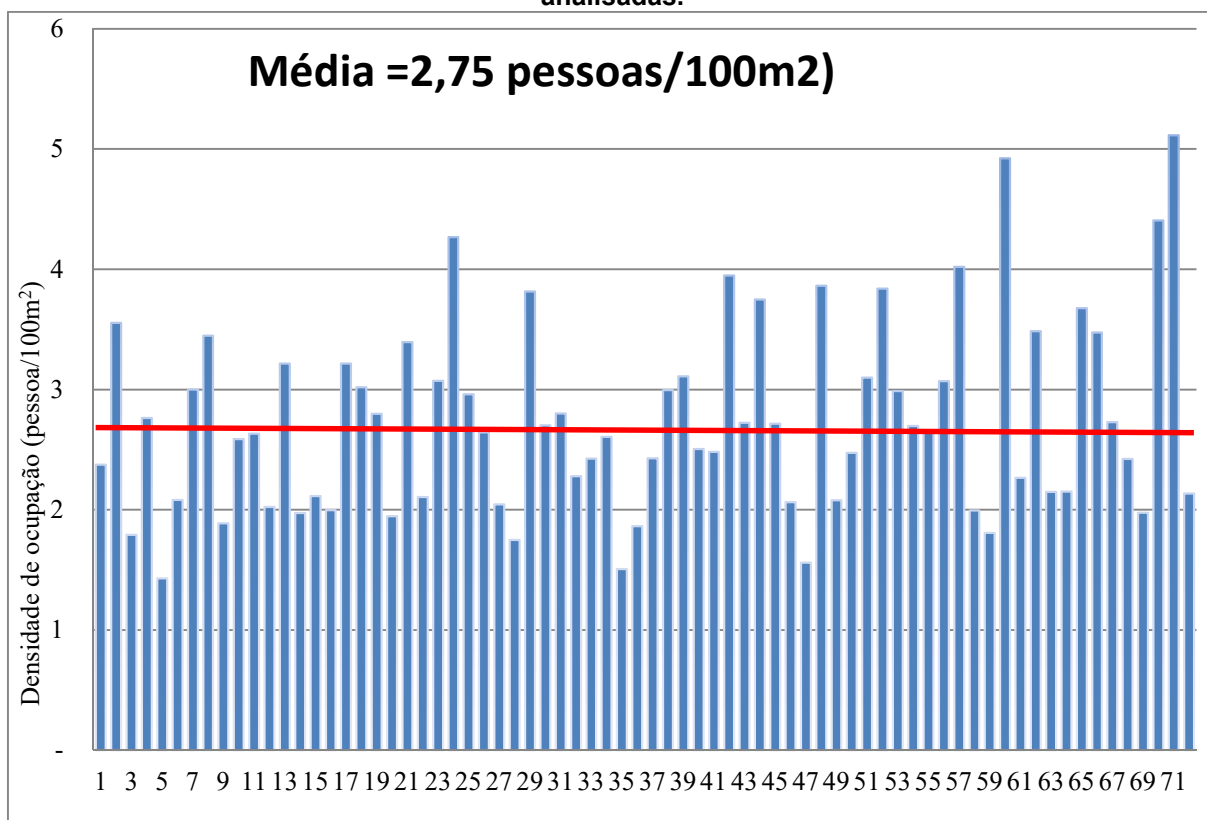
Fonte: Autoria própria

Figura 20 – Média da área (m<sup>2</sup>), das 72 agências bancárias analisadas.



Fonte: Autoria própria

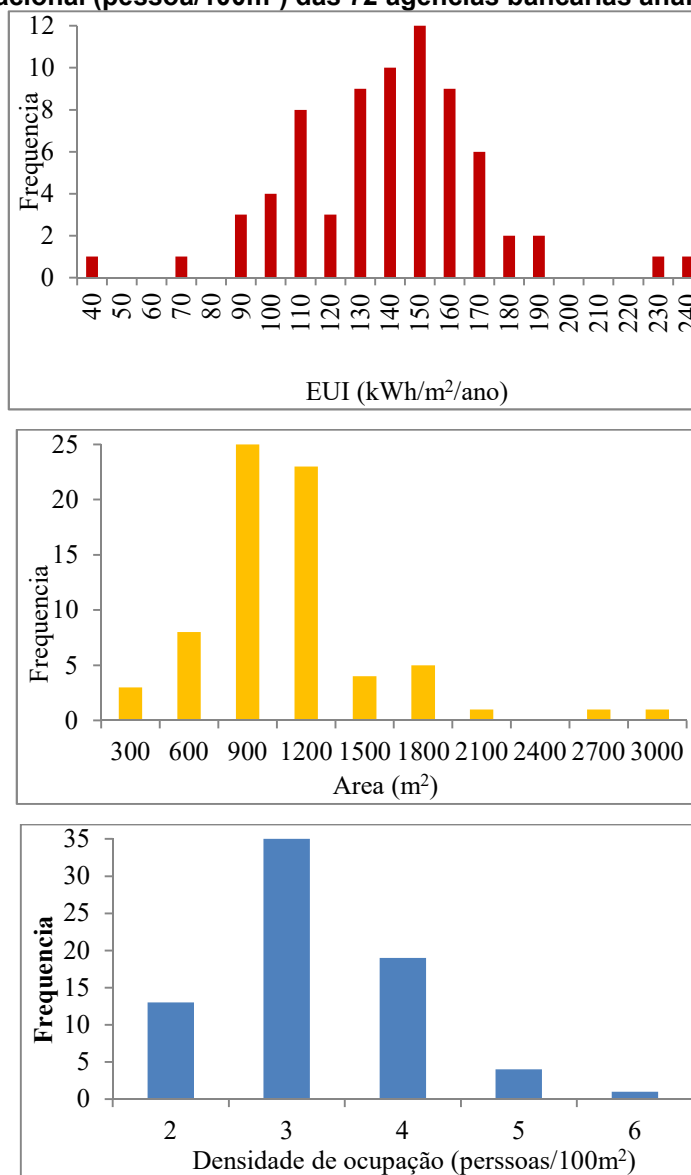
Figura 21 – Média da densidade ocupacional (pessoa/100m<sup>2</sup>), das 72 agências bancárias analisadas.



Fonte: Autoria própria

A Figura 23 apresenta, respectivamente, a frequência da intensidade de consumo de energia elétrica (kWh/m<sup>2</sup>/ano), área (m<sup>2</sup>) e a densidade de ocupação (pessoas/100m<sup>2</sup>) das 72 agências.

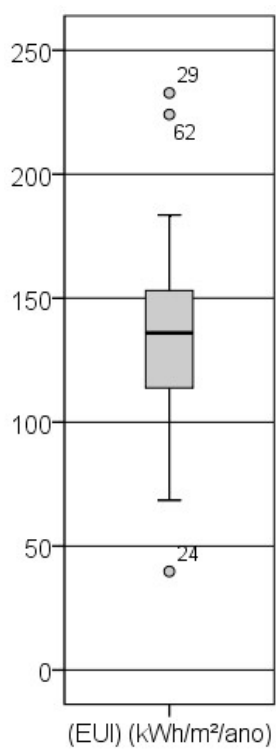
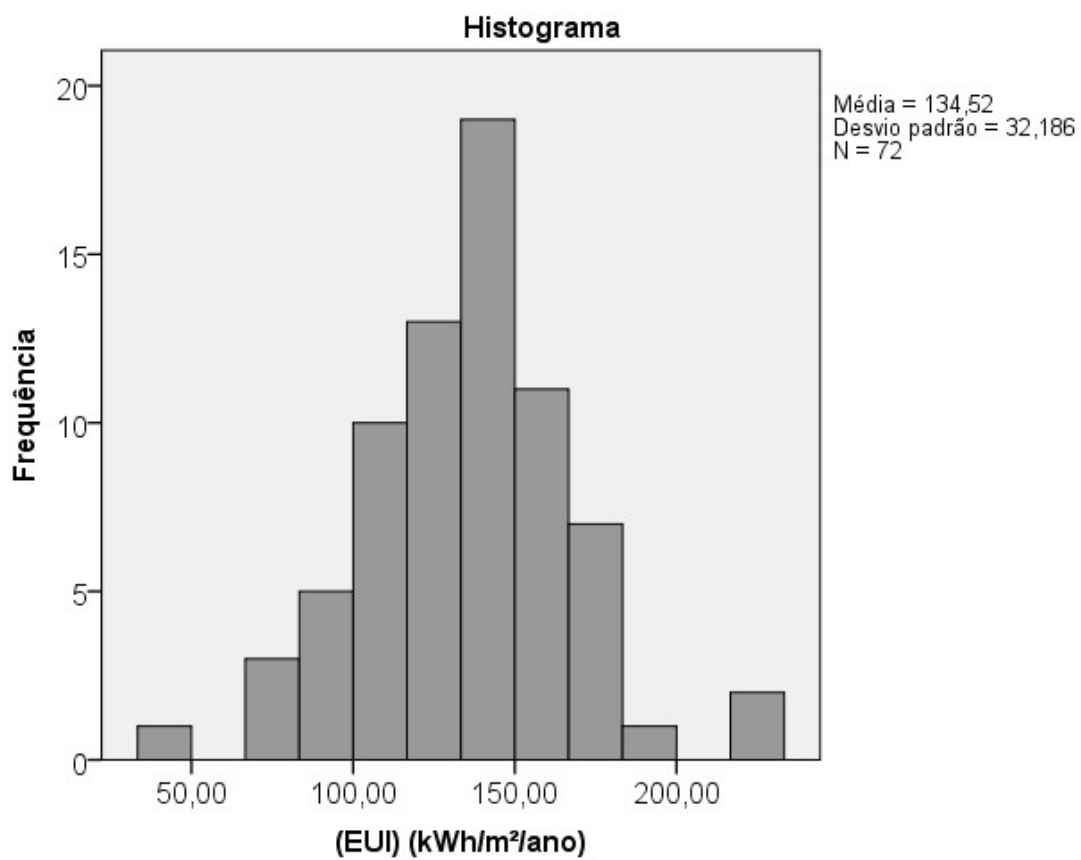
**Figura 22 – Frequência do consumo energético (kWh/m<sup>2</sup>/ano), área (m<sup>2</sup>) e densidade ocupacional (pessoa/100m<sup>2</sup>) das 72 agências bancárias analisadas.**



Fonte: Autoria própria

A Figura 24 apresenta o *Box Plot* com o intervalo da intensidade de consumo (EUI- kWh/m<sup>2</sup>/ano) real das 72 agências analisadas.

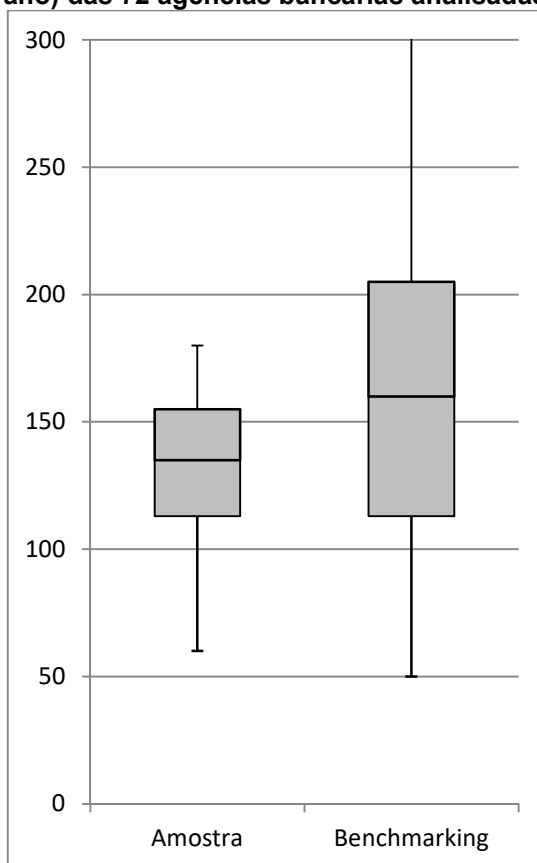
Figura 23 – *Box Plot* da distribuição da intensidade de consumo energético (kWh/m<sup>2</sup>/ano) das 72 agências bancárias analisadas.



Fonte: Autoria própria

A Figura 25 compara os dados obtidos por Borgstein e Lamberts (2014), *Box plot* da intensidade de consumo, proposto no benchmark para Curitiba (na Figura 15), com o *Box Plot* da intensidade de consumo obtido pela coleta do consumo real das 72 agências (Figura 25).

**Figura 24 – Comparação entre os *Box Plot* da distribuição da intensidade de consumo energético (kWh/m<sup>2</sup>/ano) das 72 agências bancárias analisadas e do benchmarking.**



**Fonte: Autoria própria**

Comparando a intensidade de consumo energético da amostra com o benchmarking de energia brasileiro, desenvolvido pelo CBCS em 2017, percebe-se que há semelhança entre os dois gráficos para a base da intensidade de consumo. No entanto, a média e o limite da intensidade de consumo apresentaram diferenças significativas. No benchmarking, pode-se considerar o intervalo entre 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 205 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com média de 160kWh/m<sup>2</sup>/ano. Na amostra estudada pode-se considerar o intervalo entre 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 155 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com média de 135kWh/m<sup>2</sup>/ano. Como a análise discriminante terá o objetivo de identificar as características do grupo que possui a menor intensidade de consumo (Grupo 1) em relação ao grupo das outras edificações (Grupo 2), optou-se por manter a escala da

variável “Intensidade de consumo” com os valores obtidos através do benchmarking, pois não haveria alteração da quantidade de amostras do Grupo 1.

A Tabela 03 apresenta as características construtivas e de consumo das 72 agências analisadas, agrupadas nas quatro tipologias A a D. As agências do tipo A têm a maior área média, 1097,02 m<sup>2</sup>, localizam-se principalmente no centro da cidade, com maior ocupação de funcionários. As agências dos tipos C e D são em maior número e estão localizadas em todas as áreas urbanas e suburbanas de Curitiba, em áreas menos adensadas e com vagas de estacionamento disponíveis aos clientes. A agência bancária que possui o menor consumo energético (39,76kWh/m<sup>2</sup>/ano) é a única unidade localizada em andar alto de uma edificação comercial, o que possibilita a utilização de ventilação natural juntamente com o sistema de condicionamento de ar.

**Tabela 3–Resumo das características e consumo energético (de 2014 a 2016) das 72 agências bancárias analisadas**

| Descrição  | Total  | Tipo A  | Tipo B | Tipo C | Tipo D |
|--|--------|---------|--------|--------|--------|
| Quantidade   | 72     | 12      | 15     | 25     | 19     |
| Área (m <sup>2</sup> )                               |        |         |        |        |        |
| - Média  | 975,52 | 1097,02 | 997,55 | 920,70 | 977,77 |
| - Desvio padrão                                      | 472,91 | 586,73  | 411,07 | 551,71 | 329,01 |
| Média do ano de construção                           | 2008   | 2007    | 2005   | 2009   | 2008   |
| Média ocupacional                                    |        |         |        |        |        |
| - Número de funcionários                             | 25,78  | 29,50   | 28,40  | 25,12  | 23,00  |
| - Densidade ocupacional (pessoas/100m <sup>2</sup> ) | 2,75   | 2,88    | 2,88   | 2,82   | 2,49   |
| Consumo energia elétrica (kWh/m <sup>2</sup> /ano)   |        |         |        |        |        |
| - Mínimo   | 39,76  | 39,76   | 84,52  | 98,99  | 68,47  |
| - Máximo   | 232,76 | 232,76  | 182,93 | 224,07 | 183,50 |
| - Média  | 134,52 | 134,68  | 132,60 | 133,07 | 137,85 |
| - Desvio padrão                                      | 32,19  | 47,78   | 27,33  | 26,19  | 34,32  |

**Fonte: Autoria própria**

A maioria das agências (58%) foi construída na década de 2010. As agências bancárias mais novas (após 2010) têm menores dimensões (área média de 821,99m<sup>2</sup>) e menor densidade ocupacional (2,63 pessoas/100m<sup>2</sup>), o que representa uma

tendência de redução do tamanho das agências e atendimento presencial aos clientes. A maioria das agências construídas após o ano 2000 são do tipo C e D e estão localizadas nas áreas menos adensadas e suburbanas. A análise do consumo energético das agências bancárias indicou que as agências mais recentes consomem mais energia que as construídas antes de 2000. Em relação à densidade de ocupação percebe-se que as agências construídas antes de 2000 tem maior densidade ocupacional média.

**Tabela 4 – Resumo das características e consumo energéticos das 72 agências analisadas**

| Descrição  | Antes de 2000 | 2000-2009   | Após 2010 |
|--|---------------|-------------|-----------|
| Quantidade   | 8             | 22          | 42        |
| Tipologia prevalente   | B (50%)       | C e D (64%) | C (39%)   |
| Área interna média (m <sup>2</sup> )                                     | 1.504,71      | 1.076,17    | 821,99    |
| Médias cupacional (funcionários)   | 44            | 29          | 20,55     |
| Média densidade ocupacional (pessoa/100m <sup>2</sup> )                  | 3,02          | 2,88        | 2,63      |
| Intensidade de consumo energia elétrica (kWh/m <sup>2</sup> /ano)- média | 129,11        | 135,55      | 135,00    |

Fonte: Autoria Própria

#### 4.2 ANÁLISE DE 32 AGÊNCIAS BANCÁRIAS

Das 32 agências com projeto arquitetônico, de iluminação e/ou ar-condicionado, foram levantados dados das características construtivas, incluindo percentual de abertura das fachadas, elementos de sombreamento, sistema de condicionamento de ar, número de pavimentos, existência de subsolo e transmitância térmica de paredes e cobertura.

A Tabela 5 apresenta o resumo de algumas características das 32 agências.

**Tabela 5 – Resumo das características das 32 agências analisadas**

| Descrição                  | Total | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo D  |
|----------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|
| Quantidade                 | 32    | 4      | 5      | 12     | 11      |
| Orientação fachada frontal | Oeste | Oeste  | Oeste  | Oeste  | nenhuma |
| Percentual de abertura (%) |       |        |        |        |         |
| - Frontal                  | 54,09 | 69,12  | 57,61  | 39,99  | 49,62   |
| - Norte                    | 42,47 | 85,71  | 21,93  | 30,25  | 31,97   |
| - Sul                      | 34,92 | 44,50  | 21,63  | 46,81  | 26,74   |

|         |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| - Oeste | 38,32 | 20,53 | 60,93 | 38,59 | 33,21 |
| - Leste | 27,91 | 52,54 | 25,32 | 16,13 | 17,64 |
| - Total | 17,23 | 16,23 | 13,40 | 19,85 | 16,21 |

**Fonte: Autoria Própria**

#### 4.2.1 Análise Discriminante

As agências foram agrupadas em dois grupos. O Grupo 1 engloba as agências que possuem intensidade de consumo menor que 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano, o Grupo 2 engloba todas as outras agências que possuem intensidade de consumo maior que 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano. O valor de 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano foi extraído do benchmarking de energia de agências bancárias (BORGSTEIN e LAMBERTS, 2014) e confirmado pela análise do *Box Plot* do consumo das 72 agências analisadas.

Foi aplicada a análise discriminante, através do software SPSS 18.0 (*Statistical Package for Social Sciences*), para identificar as variáveis que mais distinguem o grupo de agências com menor consumo. O resultado dessa análise de 20 variáveis para 32 agências bancárias está representado na Tabela 6, da Matriz de Estruturas. Das 32 agências apenas 14 delas possuíam valores para todas as variáveis. Na Matriz de Estruturas pode-se identificar o percentual de abertura e a densidade de ocupação como as variáveis com maior peso na distinção dos grupos. Identificou também as variáveis sistema automatizado de iluminação, número de pavimentos, transmitância térmica de paredes e cobertura, circuitos elétricos, tipologia e orientação da fachada frontal, como as variáveis que menos distinguem os grupos. As variáveis de transmitância térmica de paredes e cobertura, circuitos elétricos, desligamento automático do sistema de iluminação e número de pavimentos apresentaram pouca variação na amostra coletada, motivo esse que pode ter resultado no baixo índice de distinção dos grupos e ser consequência da padronização das agências. A instituição a qual pertencem as agências possui um manual com especificações técnicas para a construção das agências, características como o tipo de telha, forro, vidro e película são padronizados para todas as agências que são construídas por licitação para locação pela instituição.



**Tabela 6–Matriz de Estruturas com amostra de 32 agências (14 válidas) e 20 variáveis**

| <b>Matriz de Estruturas</b>                                     |        |
|---|--------|
|   | Função |
|   | 1      |
| Percentual de aberturas TOTAL <sup>a</sup>                      | -,572  |
| Densidade de ocupação (pessoa/ 100m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup> | ,542   |
| Percentual de aberturas OESTE <sup>a</sup>                      | -,339  |
| Proteção solar <sup>a</sup>                                     | ,325   |
| Ano de Construção <sup>a</sup>                                  | -,325  |
| Percentual de aberturas LESTE <sup>a</sup>                      | ,293   |
| AC equipamento não etiquetado                                   | -,287  |
|   | -,287  |
| Percentual de aberturas NORTE <sup>a</sup>                      | ,249   |
| Percentual de aberturas FACHADA<br>FRONTAL <sup>a</sup>         | ,249   |
| Subsolo com garagem   | -,243  |
| Espessura isolamento dutos                                      | -,217  |
| Área (m <sup>2</sup> )  | ,137   |
| Percentual de aberturas SUL <sup>a</sup>                        | ,122   |
| Orientação da fachada frontal <sup>a</sup>                      | ,099   |
| Tipologia   | ,089   |
| Circuitos elétricos   | -,071  |
| Transmit. Térmica (Ucob)  | -,071  |
| Transmit. Térmica (Upar)  | -,071  |
| Número de pavimentos <sup>a</sup>                               | -,039  |
| Desligamento auto sistemas iluminação                           | ,030   |

**Fonte: Autoria própria**

Para validar a matriz de estruturas, a análise da Classificação dos Resultados apresentou 92,3% dos grupos classificados corretamente. O M de Box, que é o teste paramétrico se duas ou mais matrizes de covariância são iguais e para que a hipótese seja verificada é necessário que as matrizes sejam aproximadamente iguais (FIELD, 2009), não foi calculado porque não há uma quantidade suficiente de dados para apresentar confiabilidade estatística, entretanto não invalida a análise, pois utiliza a formulação da análise discriminante para calcular os coeficientes de discriminação para a amostra estudada.

Das 32 agências analisadas as que apresentaram menor consumo, em geral, tem maior percentual de aberturas. Na média das 72 agências, o percentual de

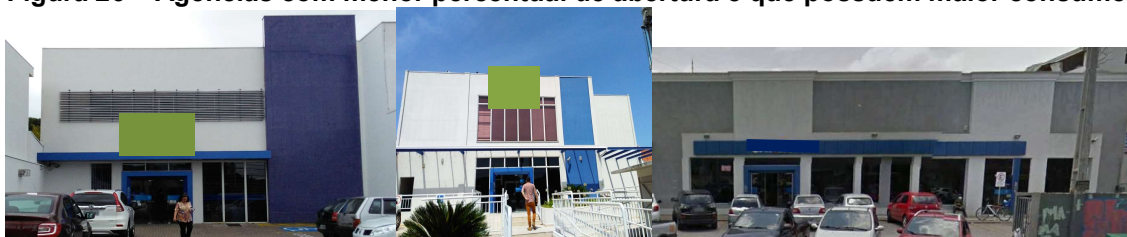
abertura é de 17,51%, na amostra de 32 agências, as que apresentaram menor consumo tem o percentual médio de abertura maior que 20% (conforme Figura 26) e as que possuem maior consumo tem percentual médio de abertura menor que 10% (conforme Figura 27).

**Figura 25 – Agências com maior percentual de abertura e que possuem menor consumo.**



**Fonte: Autoria própria**

**Figura 26 – Agências com menor percentual de abertura e que possuem maior consumo.**



**Fonte: Autoria própria**

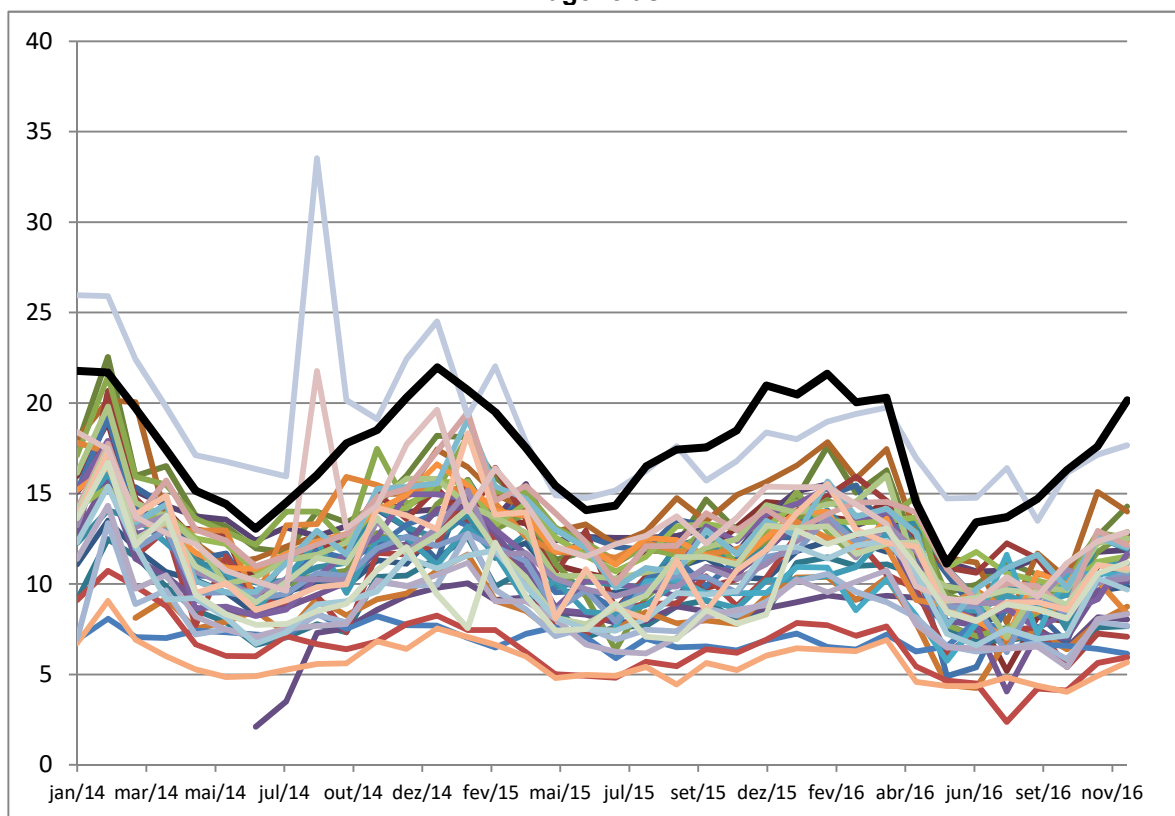
Para que os resultados da análise discriminante pudessem ser extrapolados além da amostra é necessário um número maior de agências com dados para todas as variáveis.

#### 4.2.2 Consumo mensal e temperatura mensal

O consumo mensal das agências, entre os anos de 2014 a 2016, foi tabelado e comparado graficamente com a temperatura média mensal em Curitiba, para o mesmo período.

A Figura 29 apresenta o gráfico da temperatura média mensal e do consumo mensal (kWh/m<sup>2</sup>) de 39 agências, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016. A linha destacada em preto é da temperatura média mensal (°C) e as outras linhas representam o consumo das agências.

**Figura 27 – Comparação da temperatura média mensal e consumo mensal por m<sup>2</sup> de 39 agências.**

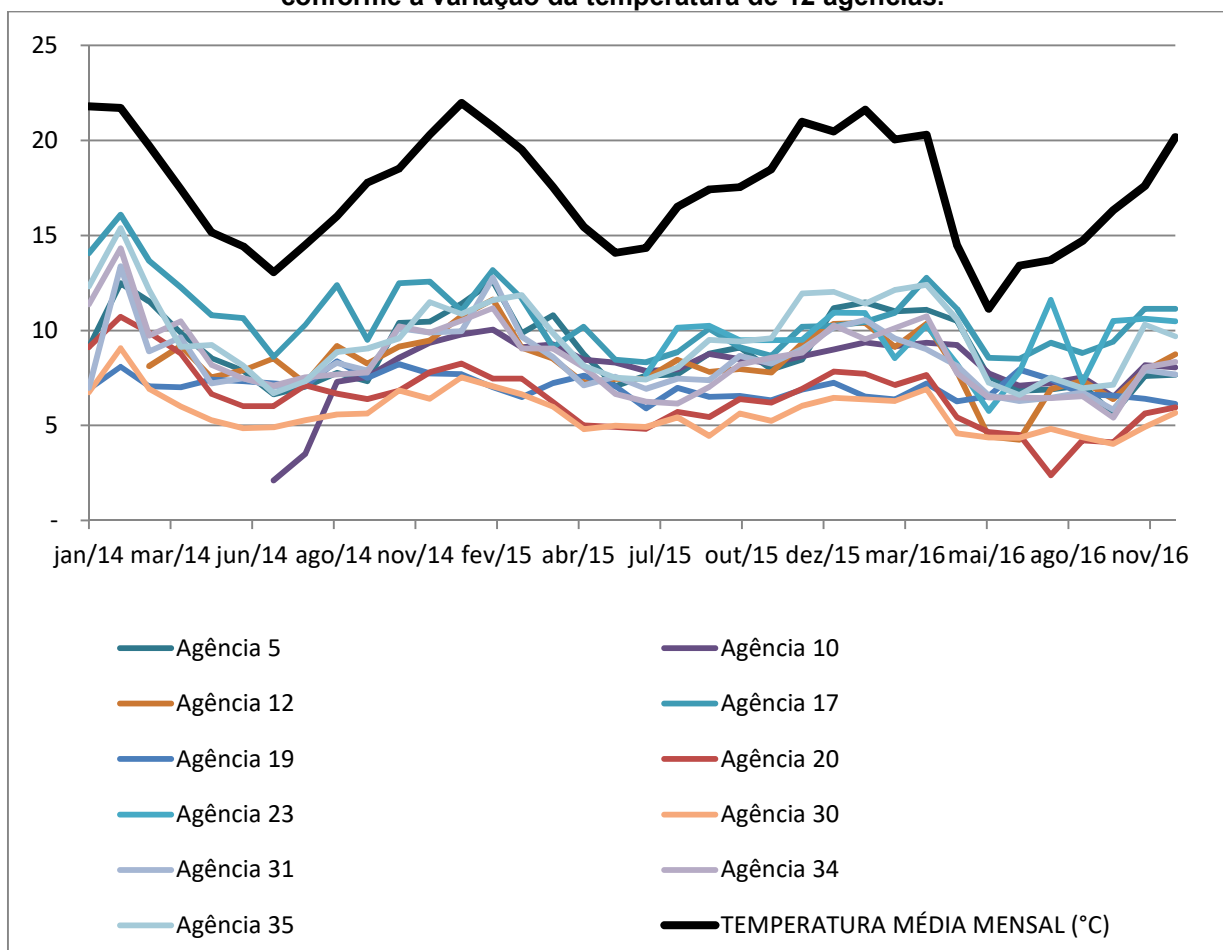


**Fonte: Autoria própria**

Da Figura 28 pode-se perceber que, as agências da faixa inferior, com menor consumo por m<sup>2</sup>, mantêm um padrão de consumo ao longo do ano, mesmo com a variação de temperatura. As agências da faixa superior, com maior consumo por m<sup>2</sup>, apresentam maior variação do consumo, acompanhando a variação da temperatura.

A Figura 29 apresenta o gráfico da temperatura média mensal e do consumo mensal (kWh/m<sup>2</sup>) de 12 agências, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, com a linha destacada em preta, da temperatura média mensal (°C), e as outras linhas representam o consumo das agências. Essas agências são as que possuem os menores consumos da amostra estudada.

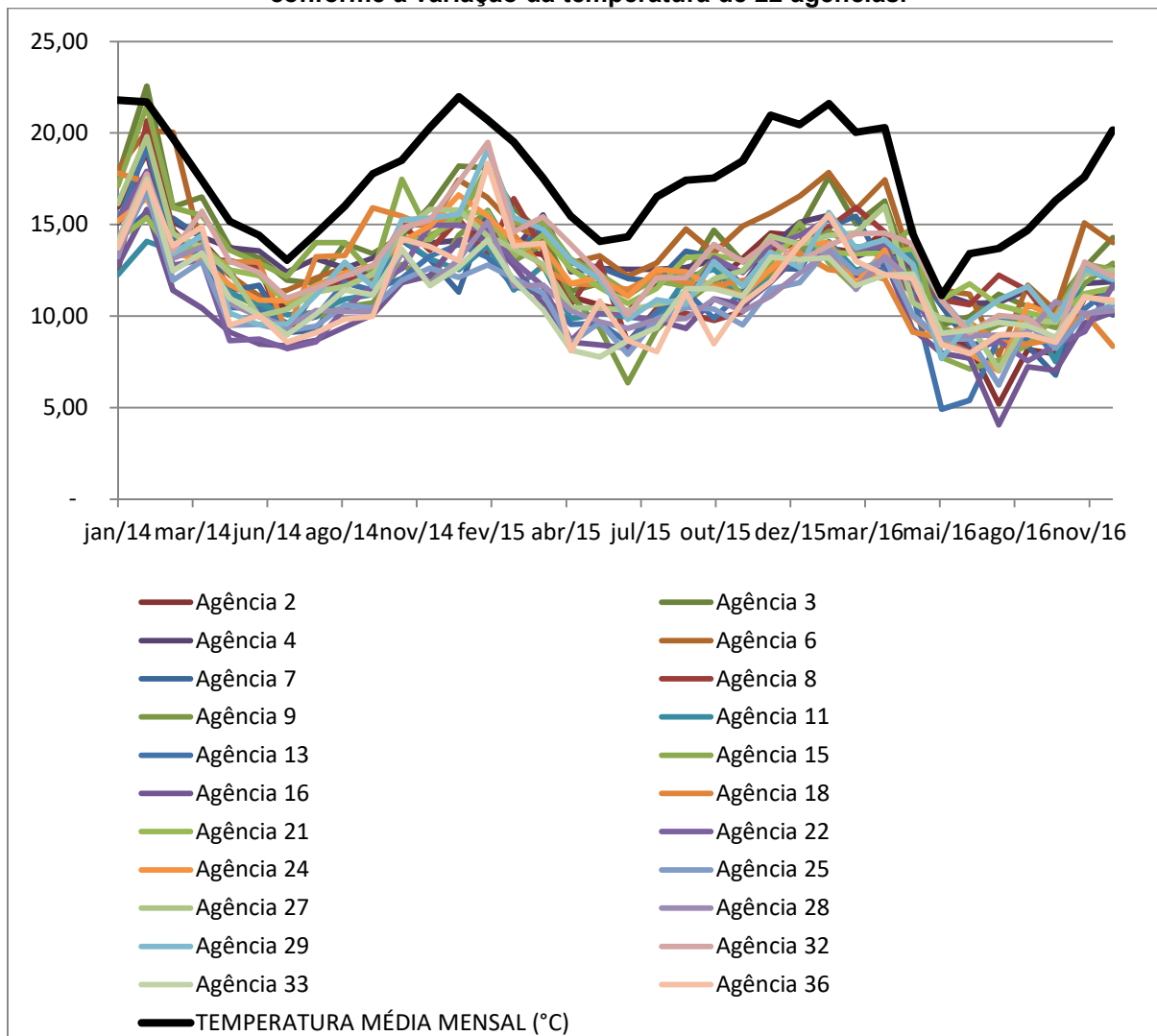
**Figura 28 – Agências com menor consumo por m<sup>2</sup> apresentaram menor variação de consumo conforme a variação da temperatura de 12 agências.**



**Fonte: Autoria própria**

A Figura 30 apresenta o gráfico da temperatura média mensal e do consumo mensal (kWh/m<sup>2</sup>) de 22 agências, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, com a linha destacada em preta, da temperatura média mensal (°C), e as outras linhas representam o consumo das agências. Essas agências apresentam consumo mensal médio e alto da amostra estudada.

**Figura 29 –Agências com maior consumo por m<sup>2</sup> apresentaram maior variação de consumo conforme a variação da temperatura de 22 agências.**



Fonte: Autoria própria

#### 4.3 ANÁLISE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE 11 AGÊNCIAS BANCÁRIAS

Para 11 agências vistoriadas foram realizados os cálculos dos níveis de eficiência energética da envoltória, iluminação, ar condicionado e classificação geral, através do regulamento vigente (RTQ-C) e da proposta de aperfeiçoamento (INI-C).

A agência número 38 foi excluída do cálculo por não se enquadrar no limite de altura do pé-direito para utilização do método simplificado do INI-C, conforme a tabela de limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado (INI-C, 2018), que estipula o limite máximo de pé-direito de 6,60m e a edificação número 38 tem trechos de pé-direito com 7,37m de altura.

Do cálculo da eficiência energética, através dos métodos prescritivo do RTQ-C e do método simplificado, da INI-C, obtiveram-se os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8, para os sistemas da envoltória, iluminação, ar-condicionado e classificação geral.

**Tabela 7 - Desempenho da envoltória e sistema de iluminação das 11 agências**

| Nr | Tipologia | ENVOLTÓRIA   |       |       | ILUMINAÇÃO     |       |       |
|----|-----------|--------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|    |           | IC ENV RTQ-C | RTQ-C | INI-C | POTÊNCIA RTQ-C | RTQ-C | INI-C |
| 3  | D         | A            | B     | A     | B              | D     | C     |
| 5  | D         | B            | B     | B     | D              | D     | D     |
| 6  | D         | D            | D     | B     | E              | E     | E     |
| 10 | D         | A            | B     | A     | B              | D     | C     |
| 11 | C         | B            | C     | B     | C              | C     | D     |
| 16 | B         | D            | D     | A     | B              | D     | C     |
| 28 | C         | A            | B     | A     | B              | D     | B     |
| 31 | D         | A            | B     | A     | B              | D     | B     |
| 33 | C         | A            | B     | A     | D              | D     | D     |
| 36 | C         | A            | C     | A     | B              | D     | B     |
| 46 | D         | B            | B     | A     | A              | D     | B     |

Fonte: Autoria própria

**Tabela 8 - Desempenho do sistema de condicionamento de ar, classificação geral e consumo das 11 agências**

| Nr | Tipologia | CONDICIONAMENTO DE AR |       |       | CLASSIFICAÇÃO GERAL |       | CONSUMO REAL (kWh/m2/ano) |
|----|-----------|-----------------------|-------|-------|---------------------|-------|---------------------------|
|    |           | Equip RTQ-C           | RTQ-C | INI-C | RTQ-C               | INI-C |                           |
| 3  | D         | C                     | C     | A     | C                   | C     | 167,30                    |
| 5  | D         | A                     | B     | B     | C                   | D     | 107,91                    |
| 6  | D         | A                     | B     | A     | C                   | E     | 167,53                    |
| 10 | D         | A                     | B     | A     | C                   | B     | 96,73                     |
| 11 | C         | A                     | A     | B     | C                   | C     | 140,41                    |
| 16 | B         | A                     | B     | A     | C                   | C     | 124,42                    |
| 28 | C         | A                     | A     | A     | B                   | C     | 124,50                    |
| 31 | D         | C                     | C     | A     | B                   | C     | 183,50                    |
| 33 | C         | A                     | B     | B     | C                   | D     | 129,38                    |
| 36 | C         | C                     | C     | A     | C                   | C     | 153,19                    |
| 46 | D         | D                     | D     | A     | B                   | B     | 152,38                    |

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 7, as agências que apresentaram Índice de Consumo da Envoltório (ICenv) classificado como D, segundo o RTQ-C, são as agências que possuem alto

percentual de abertura da fachada Oeste. Houve redução da classificação do ICenv para o do nível de eficiência da envoltória, segundo o RTQ-C, porque não foi atendido ao pré-requisito da transmitância térmica das paredes para atingir o nível A. No sistema de iluminação, segundo o RTQ-C, também houve redução da classificação da potência para o nível de eficiência do sistema de iluminação porque as agências não atendem ao pré-requisito da contribuição de luz natural.

O nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar das agências, segundo o RTQ-C, teve redução da classificação, pois a maioria das agências não atendem ao pré-requisito de isolamento da tubulação. Ou seja, quando aplicados os pré-requisitos do RTQ-C as agências tiveram redução do nível de eficiência energética por não atender a alguns pré-requisitos. O nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar, calculado pelo INI-C, utiliza os dados estimados de carga térmica da envoltória da edificação estudada e da edificação de referência, juntamente com dados da eficiência do sistema, por esse motivo diferentes dos níveis calculados pelo RTQ-C.

No cálculo do nível de eficiência energética da proposta de aperfeiçoamento do regulamento de etiquetagem (INI-C) estima-se o consumo energético de cada edificação para compará-lo com o consumo de referência. Do valor desse consumo energético estimado foi calculada a intensidade de consumo para as 11 agências bancárias analisadas e a intensidade de consumo real entre os anos de 2014 a 2016, conforme apresentado na Tabela 9.

**Tabela 9– Intensidade de consumo (EUI) estimado pelo INI-C e real (entre os anos de 2014 a 2016)**

| Agência<br>Nr | EUI ESTIMADO (kWh/m <sup>2</sup> /ano) |                  |                        | TOTAL        | EUI REAL<br>2014 a 2016<br>(kWh/m <sup>2</sup> /ano) | VARIÁOES<br>TIMADO P/<br>REAL<br>(%) |
|---------------|--|------------------|------------------------|--------------|--|--------------------------------------|
|               | ILUMINA<br>ÇÃO                         | EQUIPAMEN<br>TOS | CONDICIONA<br>MENTO AR |              |  |                                      |
| <b>3</b>      | 38,18                                  | 27,20            | 10,09                  | <b>75,47</b> | <b>167,30</b>  | 122,07                               |
| <b>5</b>      | 45,88                                  | 27,61            | 12,55                  | <b>86,04</b> | <b>107,91</b>  | 25,41                                |
| <b>6</b>      | 52,62                                  | 27,59            | 3,48                   | <b>83,69</b> | <b>167,53</b>  | 100,17                               |
| <b>10</b>     | 27,77                                  | 22,52            | 6,34                   | <b>56,62</b> | <b>96,73</b>   | 70,84                                |
| <b>11</b>     | 37,04                                  | 27,74            | 3,96                   | <b>68,74</b> | <b>140,41</b>  | 104,26                               |
| <b>16</b>     | 31,88                                  | 27,81            | 9,94                   | <b>69,63</b> | <b>124,42</b>  | 78,68                                |
| <b>28</b>     | 36,71                                  | 28,2             | 6,99                   | <b>71,89</b> | <b>124,50</b>  | 54,66                                |
| <b>31</b>     | 29,79                                  | 27,99            | 6,12                   | <b>63,90</b> | <b>183,50</b>  | 187,16                               |
| <b>33</b>     | 36,39                                  | 27,2             | 10,17                  | <b>73,76</b> | <b>129,38</b>  | 75,40                                |
| <b>36</b>     | 29,50                                  | 28,07            | 4,6                    | <b>62,17</b> | <b>153,19</b>  | 146,40                               |
| <b>46</b>     | 27,36                                  | 28,59            | 10,31                  | <b>66,26</b> | <b>152,38</b>  | 129,97                               |

Fonte: Autoria própria

Há diferença no valor do kWh/m<sup>2</sup>/ano para os equipamentos pois foi feita uma ponderação entre a área de caixas eletrônicas (que têm horário de funcionamento de 16h diárias, 365 dias por ano) e a área interna (que têm horário de funcionamento de 10h diárias, 260 dias por ano).

Através da análise da Tabela 9 pode-se identificar que o maior consumo estimado é do sistema de iluminação, em alguns casos muito elevado em relação ao sistema de condicionamento de ar. Essa diferença pode estar atrelada ao método de cálculo do consumo estimado do condicionamento de ar, que utiliza como temperatura de *setpoint* do ar condicionado o valor de 24°C, uma temperatura que para Curitiba não demandaria muito do sistema de condicionamento de ar. No entanto, na vistoria das agências foi constatado que a temperatura usual utilizada como *setpoint* do sistema de condicionamento de ar é de 21°C e 22°C.

A diferença entre a intensidade de consumo estimada e a intensidade real, dos anos de 2014 a 2016, pode ser resultado da utilização da tabela de referência para edificações de escritórios, por não haver tabela de referência para agências bancárias. As diferenças entre densidade de potência de equipamentos, ocupação, horas de ocupação e temperatura *setpoint* (°C) do condicionamento de ar podem ser os principais fatores que influenciaram na diferença de intensidade de consumo estimado e real, principalmente pelo valor estipulado na tabela de referência para densidade de potência de equipamentos, agências bancárias tem considerável consumo energético para equipamentos, além de possuir salas condicionadas artificialmente 24hr por dia, todos os dias do ano.

#### 4.3.1 Análise de correlação

Os dados analisados têm natureza não paramétrica, dada essa característica optou-se pela análise de correlação não paramétrica de Kendall, com a utilização do software SPSS Statistics18 da IBM.

A análise de correlação contemplou os níveis de eficiência energética apresentados nas Tabelas 7 e 8, com a EUI e a área, das 11 edificações bancárias.

Para análise das relações entre as variáveis por meio do intervalo de valores foram utilizadas as cores e valores conforme demonstra o Quadro 6.



**Quadro 6– Cores de correlação definidas para o estudo, baseado em Hair et al. (2005)**

| Intervalo de Valores | Correlação       | Cor no Gráfico             |
|----------------------|------------------|----------------------------|
| 0,01 a 0,09          | Leve             | Branco                     |
| 0,10 a 0,39          | Fraca            | Branco                     |
| 0,4 a 0,69           | Moderada         | Azul Claro (0,40 a 0,499)  |
|                      |                  | Azul médio (0,50 a 0,599)  |
|                      |                  | Azul escuro (0,60 a 0,699) |
| 0,70 a 0,99)         | Alta             | Roxo Claro (0,70 a 0,799)  |
|                      |                  | Roxo médio (0,80 a 0,899)  |
|                      |                  | Roxo escuro (0,90 a 0,999) |
| 1,000                | Perfeita relação | Cinza (1,00)               |

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados da análise de correlação de tau de Kendall, destacados conforme as cores indicadas no Quadro 6, dos valores que apresentaram maiores coeficientes de correlação e nível de significância relevantes, maior que 95%, representados por 1 asterisco (\*) e 99%, representado por 2 asteriscos (\*\*).

**Tabela 10 – Correlações encontradas entre os níveis de eficiência de 11 agências**

|                           | IC ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTÓRIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | POTÊNCIA ILUMINACAO RTQ-C | ILUMINACAO RTQ-C | ILUMINACAO INI-C | AC EQUIP. RTQ-C | AC RTQ-C | AC INI-C | RTQ-C FINAL | INI-C FINAL | Área   | CONSUMO (kWh/m2/ano) |
|---------------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------|----------|-------------|-------------|--------|----------------------|
| IC ENVOLTORIA RTQ-C       | 1,000               | ,619*            | ,578             | ,267                      | ,327             | ,432             | -,239           | -,130    | ,102     | ,204        | ,243        | -,270  | ,045                 |
| ENVOLTÓRIA RTQ-C          | ,619*               | 1,000            | ,361             | ,255                      | ,104             | ,297             | -,254           | -,193    | -,108    | ,433        | ,258        | -,095  | -,143                |
| ENVOLTORIA INI-C          | ,578                | ,361             | 1,000            | ,686*                     | ,560             | ,685*            | -,440           | -,414    | ,542     | ,375        | ,530        | -,385  | ,000                 |
| POTENCIA ILUMINACAO RTQ-C | ,267                | ,255             | ,686*            | 1,000                     | ,816**           | ,830**           | -,633*          | -,450    | ,588*    | ,523        | ,857**      | -,497* | ,022                 |
| ILUMINACAO RTQ-C          | ,327                | ,104             | ,560             | ,816**                    | 1,000            | ,718*            | -,423           | -,184    | ,440     | ,360        | ,827**      | -,423  | ,000                 |
| ILUMINACAO INI-C          | ,432                | ,297             | ,685*            | ,830**                    | ,718*            | 1,000            | -,603*          | -,429    | ,560     | ,654*       | ,618*       | -,555* | ,103                 |
| AC EQUIP RTQ-C            | -,239               | -,254            | -,440            | -,633*                    | -,423            | -,603*           | 1,000           | ,870**   | -,440    | -,440       | -,437       | ,605*  | -,460                |
| AC RTQ-C                  | -,130               | -,193            | -,414            | -,450                     | -,184            | -,429            | ,870**          | 1,000    | -,414    | -,223       | -,279       | ,442   | -,316                |
| AC INI-C                  | ,102                | -,108            | ,542             | ,588*                     | ,440             | ,560             | -,440           | -,414    | 1,000    | ,375        | ,430        | -,661* | ,275                 |
| RTQ-C FINAL               | ,204                | ,433             | ,375             | ,523                      | ,360             | ,654*            | -,440           | -,223    | ,375     | 1,000       | ,364        | -,440  | ,220                 |
| INI-C FINAL               | ,243                | ,258             | ,530             | ,857**                    | ,827**           | ,618*            | -,437           | -,279    | ,430     | ,364        | 1,000       | -,306  | -,131                |
| Área                      | -,270               | -,095            | -,385            | -,497*                    | -,423            | -,555*           | ,605*           | ,442     | -,661*   | -,440       | -,306       | 1,000  | -,527*               |
| CONSUMO (kWh/m2/ano)      | ,045                | -,143            | ,000             | ,022                      | ,000             | ,103             | -,460           | -,316    | ,275     | ,220        | -,131       | -,527* | 1,000                |

Fonte: Autoria própria

Para essa amostra, em relação à intensidade de consumo (EUI), houve correlação moderada inversa entre a área e a intensidade de consumo das agências ( $\tau = -,527^*$ ), quanto menor a intensidade de consumo maior é a área total. Conforme destacado na Tabela 11.

**Tabela 11 – Correlações entre a área com a intensidade de consumo**

|                        | EUI (kWh/m <sup>2</sup> /ano) |
|------------------------|-------------------------------|
| Área (m <sup>2</sup> ) | -,527*                        |

**Fonte: Autoria própria**

Da análise das correlações entre os níveis de eficiência da envoltória é possível considerar que, para essa amostra, houve correlação moderada entre o Índice de Consumo da Envoltória (ICenv), do RTQ-C, com o nível de eficiência da Envoltória segundo o RTQ-C ( $\tau = ,619^*$ ). Resultado que pode estar atrelado ao fato das agências terem o nível de eficiência da envoltória reduzido em relação ao ICenv por causa do pré-requisito da transmitância térmica das paredes. No entanto, o índice de correlação entre os níveis de eficiência energética da envoltória, calculados pelo RTQ-C e pelo INI-C, foi de  $\tau = ,361$ , com nível de significância menor que 95%, conforme demonstra a Tabela 12. Essa fraca correlação pode ser resultado da significativa alteração no método de cálculo para a envoltória na INI-C.

**Tabela 12 – Correlações entre os níveis de eficiência energética da envoltória, calculados pelo RTQ-C e o INI-C**

|   | Índice de Consumo Envoltória (RTQ-C)        |
|---|---|
| Nível de eficiência da envoltória - (RTQ-C) | ,619*                                       |
| Nível de eficiência da envoltória - (INI-C) | ,578  |
|   | Nível de eficiência da envoltória - (RTQ-C) |
| Nível de eficiência da envoltória - (INI-C) | ,361  |

**Fonte: Autoria própria**

A Tabela 13 demonstra a alta correlação entre os níveis de eficiência do sistema de iluminação, calculados pelo RTQ-C e pelo INI-C. A alta correlação reflete que não houveram alterações significativas no método de cálculo do sistema de iluminação na INI-C.

**Tabela 13 – Correlações entre os níveis de eficiência energética do sistema de iluminação, segundo o RTQ-C e o INI-C**

| Potência de iluminação - (RTQ-C)            |        |
|---|--------|
| Nível de eficiência da iluminação - (RTQ-C) | ,816** |
| Nível de eficiência da iluminação - (INI-C) | ,830** |
| Nível de eficiência da iluminação - (RTQ-C) |        |
| Nível de eficiência da iluminação - (INI-C) | ,718** |

**Fonte: Autoria própria**

A Tabela 14 demonstra os índices de correlação entre os níveis de eficiência do sistema de condicionamento de ar, calculados pelo RTQ-C e pelo INI-C. Houve alta correlação entre o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar, segundo o RTQ-C, com o nível de eficiência dos equipamentos, também calculado pelo RTQ-C ( $\tau=,870^{**}$ ), mas não houve correlação entre os níveis de eficiência calculados pelos dois regulamentos ( $\tau=-,414$ ), que reflete a significativa alteração no método de cálculo do sistema de condicionamento de ar na INI-C.

**Tabela 14 – Correlações entre os níveis de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar, segundo o RTQ-C e o INI-C**

| Nível de eficiência do condicionamento de ar - (RTQ-C)                  |        |
|---|--------|
| Nível de eficiência dos equipamentos de condicionamento de ar - (RTQ-C) | ,870** |
| Nível de eficiência do ar-condicionado - (INI-C)                        | -,414  |
| Nível de eficiência dos equipamentos do condicionamento de ar - (RTQ-C) |        |
| Nível de eficiência do ar-condicionado - (INI-C)                        | -,440  |

**Fonte: Autoria própria**

A Tabela 15 demonstra fraca correlação entre os níveis gerais de eficiência energética, calculados pelo RTQ-C e pelo INI-C, com nível de significância menor que 95% ( $\tau=,364$ ).

**Tabela 15 – Correlação entre os níveis gerais de eficiência energética, segundo o RTQ-C e o INI-C**

| Nível de eficiência geral - (RTQ-C) |      |
|-------------------------------------|------|
| Nível de eficiência geral - (INI-C) | ,364 |

**Fonte: Autoria própria**

O nível de eficiência energética geral, segundo o INI-C, teve alto índice de correlação com a potência de iluminação RTQ-C ( $\tau=,857^{**}$ ), o nível de iluminação RTQ-C ( $\tau=,827^{**}$ ), e nível de iluminação INI-C ( $\tau=,618^*$ ), que reflete o peso do sistema de iluminação para o cálculo da classificação geral segundo a proposta de aperfeiçoamento, para essa amostra, conforme Tabela 16.

**Tabela 16 – Correlações com o nível de eficiência energética geral, segundo o INI-C**

|   | Nível de eficiência geral - (INI-C) |
|---|-------------------------------------|
| Potência de iluminação - (RTQ-C)            | ,857**                              |
| Nível de eficiência da iluminação - (RTQ-C) | ,827**                              |
| Nível de eficiência da iluminação - (INI-C) | ,618*                               |

**Fonte: Autoria própria**

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados da caracterização da amostra permitiram observar que foram leves e fracos os índices de correlação entre a intensidade de consumo real e os níveis de eficiência energética atribuídos segundo o regulamento vigente (RTQ-C) e o proposto (INI-C) do programa brasileiro de etiquetagem de edificações PBE EDIFICA.

Da análise da intensidade de consumo do *Box Plot* do benchmarking com o *Box Plot* das 72 agências verificou-se diferença na amplitude e na média da EUI (kWh/m<sup>2</sup>/ano). No benchmarking a variação foi de 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano a 205 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com média de 160kWh/m<sup>2</sup>/ano. Na amostra estudada a variação foi de 113 kWh/m<sup>2</sup>/ano a 155 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com média de 135kWh/m<sup>2</sup>/ano;

Também da análise das 72 agências identificou-se que a maioria das agências (58%) foi construída na década de 2010. As agências bancárias mais novas (após 2010) têm menores dimensões (área média de 821,99m<sup>2</sup>) e menor densidade ocupacional (2,63 pessoas/100m<sup>2</sup>), o que representa uma tendência de redução do tamanho das agências.

O resultado da análise discriminante das 32 agências serve como modelo de metodologia para identificar as características que mais influenciam o grupo de agências com menor intensidade de consumo. No entanto, para a amostra analisada, não apresentou segurança estatística pois não apresentou dados de validação, o M de Box. Para que os resultados tenham mais confiabilidade estatística é necessário maior quantidade de elementos na amostra e com maior variação nas características. Como há um padrão construtivo das agências, que estipula características construtivas de acabamentos e sistemas, não foi possível identificar, com segurança estatística, as características que distinguem os dois grupos de agências.

A comparação entre a temperatura média mensal e o consumo médio mensal (kWh/m<sup>2</sup>), de 39 agências, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, demonstrou que as agências que tem menor consumo mensal por m<sup>2</sup> sofreram menor variação, conforme a variação da temperatura média. As agências que apresentaram consumos mais elevados tem maior variação do consumo, conforme a variação da temperatura média mensal.

Além disso, a análise de correlação do coeficiente tau de Kendall, para identificar a relação entre os níveis de eficiência com a intensidade de consumo, apresentou correlação moderada inversa apenas com a área construída, ( $\tau = -0,527^*$ ),

ou seja, há variação inversa dessas variáveis, quando uma aumenta a outra tende a diminuir.

Já os resultados da análise de correlação tau de Kendall, entre os níveis de eficiência, apresentou alta correlação entre os níveis de eficiência do sistema de iluminação dos dois regulamentos e moderada e alta correlação desse sistema com a classificação geral dos dois regulamentos. Esse resultado reflete o alto consumo energético para a iluminação em agências bancárias em Curitiba. Resultado que corrobora com o resultado do benchmarking de agências bancárias de Borgstein e Lamberts (2014), que apresentou consumo simulado de iluminação maior que o consumo de condicionamento de ar. Pedreira e Amorim (2010) também concluíram que um dos fatores do consumo mais elevado de energia pode ser resultado da pouca utilização da iluminação natural, pois, por questões de segurança bancária, as agências apresentam baixo percentual de abertura nas fachadas. Esse resultado também pode ser influenciado pela tipologia construtiva das agências bancárias, que em geral possuem baixo percentual de aberturas (17,23%), conforme Tabela 5, e alta potência de iluminação ( $W/m^2$ ), comprovada pelos níveis de eficiência obtidos do sistema de iluminação, na maioria entre B e D, conforme Tabela 7. Também foi possível identificar o alto consumo energético do sistema de iluminação através da análise do consumo estimado pela proposta de aperfeiçoamento do regulamento de etiquetagem, conforme Tabela 9, que apresentou maior consumo para o sistema de iluminação do que para o sistema de condicionamento de ar.

Da análise de correlação tau de Kendall, entre os níveis de eficiência, também foi possível concluir que não houve alterações significativas no cálculo do sistema de iluminação entre o regulamento atual (RTQ-C) e a instrução normativa proposta (INI-C), pois apresentaram forte correlação. No entanto a fraca correlação entre os níveis de eficiência da envoltória, sistema de condicionamento de ar e classificação geral, calculados pelos regulamentos atual e proposto, demonstra que houve alterações significativas no método de cálculo e níveis de eficiência obtidos.

Como melhoria para o processo de etiquetagem brasileiro recomenda-se desenvolver uma tabela de referência para agências bancárias, para que o cálculo da carga térmica de resfriamento e do consumo dos equipamentos, segundo o método simplificado, seja mais próximo da condição real. Essa alteração serviria também para facilitar o monitoramento do consumo dessa modalidade de ocupação e futuramente alimentar e aprimorar o *benchmarking* existente. Recomenda-se também que, no

cálculo da carga térmica de resfriamento, a temperatura do *setpoint* do sistema de condicionamento de ar possa ser alterada, conforme padrão real utilizado. Possibilitar que a temperatura do sistema de condicionamento de ar seja estabelecida caso a caso permitirá uma comparação mais próxima com o consumo real.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se utilizar a metodologia aplicada nesta pesquisa para a análise discriminante para identificar as características que mais influenciam no consumo real de edificações, mas com um número maior da amostra e com maior variação nas características construtivas da envoltória, sistema de iluminação e condicionamento de ar.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Tatiana, *et. al.*, A methodology for estimating office building energy use baselines by means of land use legislation and reference buildings. **Energy and Buildings**, v. 143, p. 100-113. Mai, 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho Térmico de Edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Comitê Brasileiro de Construção Civil, Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2003.

BALLARINI, Ilaria; CORRADO, Vincenzo. Application of energy rating methods to the existing building stock: Analysis of some residential buildings in Turin. **Energy and Buildings**, v. 41.7, p. 790-800, Jul, 2009.

BALLARINI, Ilaria; CORGNATI, Stefano Paolo; CORRADO, Vincenzo. Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: The experience of TABULA project. **Energy policy**, v. 68,p.273-284, Mai, 2014.

BALLARINI, Ilaria, V. Corrado, F. Madonna, S. Paduos, F. Ravasio, Energy refurbishment of the Italian residential building stock: energy and cost analysis through the application of the building typology, **Energy Policy**105, p. 148-160, 2017.

BORGSTEIN, Edward H., & LAMBERTS, Roberto. Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil. **Energy and Buildings**, 82, 82-91, out. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **BEN2018**: Balanço Energético Nacional 2018, Ano-base 2017. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília,2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **BEN2018**: Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2018, Ano-base 2017. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **PDE**: Plano Decenal de Expansão de Energia 2027. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm). Acesso em, 09Jul, 2019.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm). Acesso em, 05 Dez, 2018.



CARLO, Joyce Correna; LAMBERTS, Roberto. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios—parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**. v. 10.2,p.7-26. 2010.

CAPUTO, Paola; COSTA, Gaia; FERRARI, Simone. A supporting method for defining energy strategies in the building sector at urban scale. **Energy Policy**. V. 55,p.261-270, Abr, 2013.

CB3E - CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas**. Agosto, 2017. Disponível em, [http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo\\_tudo\\_texto%20completo\\_comercial\\_2.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_tudo_texto%20completo_comercial_2.pdf). Acesso em, 09 Fev, 2019.

CB3E - CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Introdução ao Novo Método de Avaliação do PBE Edifica**. Universidade Federal de Santa Catarina: Disponível em, <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/1%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20novo%20m%C3%A9todo.pdf>. Acesso em,09 fev, 2019.

CHUNG, William; HUI, Y. V.; LAM, Y. Miu. Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. **Applied Energy**.V. 83.1,p.1-14, Jan, 2006.

CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. **Boletim Informativo #7**, Eficiência Energética, Abril, 2013. Disponível em <http://www.cbcs.org.br/website/cbcs-noticias/>.Acesso dia, 10 Dez 2018.

CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS. **Desenvolvimento de benchmarks nacionais de consumo energético de edificações em operação**. Comunicação Técnica. Agosto 2014. Disponível em <http://www.cbcs.org.br/website/comitetematico/posicionamentos.asp?cctCode=AD7C7A37-2F51-4451-9202-FC0FF6407BCA>.Acesso em, 19 Jan 2019.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. **Métodos de Pesquisa em Administração**- 12ª Edição. McGraw Hill Brasil, 2016.

CURWELL, S., *et al.* The green building challenge in the UK. **Building Research & Information**, v. 27.4-5,p.286-293, 1999.

DANCEY, Christine; REIDY, John. **Estatística Sem Matemática para Psicologia** -7ª Edição. Penso Editora, 2018.

DEPECKER, Patrick, *et al.* Design of buildings shape and energetic consumption. **Building and Environment**.v.36.5,p.627-635, Jun, 2001.

FIELD, Andy. **Descobrendo a estatística usando o SPSS**. 2º edição. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HAIR, Joseph, et. al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre, Bookman Companhia Ed, 2005.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **RTQ-C**: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, (RTQ-C) Eletrobrás. Brasília, 2014.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **INI-C**: Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, Proposta de Aperfeiçoamento do Regulamento Técnico da Qualidade para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Eletrobrás. Brasília, 2018.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas**. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>. Acesso em 17 Nov 2019.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **OIA EEE Organismos de Inspeção Acreditados Eficiência Energética de Edificações**. Disponível em [http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado\\_consulta.asp](http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado_consulta.asp). Acesso dia, 14 Jul 2019.

JESUS, Alessandro A.; *ET al.* Comportamento Histórico no Brasil da Indústria da Construção Civil e suas Atuais Perspectivas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 07, Vol. 05, pp. 87-95, Julho de 2018.

JENKINS, David P. The value of retrofitting carbon – saving measures into fuel for social housing. **Energy policy**.v.38.2,p.832-839, Fev, 2010.

JING, Rui; *et al.* A study on energy performance of 30 commercial office buildings in Hong Kong. **Energy and Buildings**, 2017, v. 144,p.117-128, Jun, 2017.

JONES, Rory, V.; FUERTES, Alba; LOMAS, Kevin J. The socio-economic, dwelling and appliance related factors affecting electricity consumption in domestic buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 901-917, mar, 2015.

KAVGIC,M; A. Mavrogianni, D. Mumovic, A. Summerfield, Z. Stevanovic, M. Djurovic-Petrovic, A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector, **Building and Environment**. 45(7),p.1683-1697, 2010.

KRÜGER, Eduardo Leite; MORI, Fabiano. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Ambiente Construído**. v. 12.3,p.89-106, Jul, 2012.

LAMBERTS, R., Goulart, S., Carlo, J., Westphal, F& Pontes, R. O. Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos. **Encontro**, ENCAC 2007. IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Ouro Preto, 8-10Ago, 2007.

LAMBERTS, R., Goulart, S., Carlo, J., & Westphal, F. Regulation for energy efficiency labelling of commercial buildings in Brazil. **Conferência**; 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century. Proceedings of the Passive and Low Energy Cooling II, Crete Island. 2007.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. São Paulo: ELETROBRÁS/PROCEL, 2014.

MMA – MINISTÉRIOS DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-sobre-mudan%C3%A7a-do-clima.html>. Acesso em 14 Jul 2019.

MMA – MINISTÉRIOS DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em 14 Jul 2019.

MASCARÓ, Juan L. & MASCARÓ, Lúcia E. R. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra - DC Luzzatto, 1992.

MEIER, Alan; OLOFSSON, Thomas; LAMBERTS, Roberto. What is an energy-efficient building. **Encontro**: ENTAC 2002-IX Meeting of Technology in the Built Environment. Foz do Iguaçu, Brasil. p. 7-10, Mai, 2002.

MAURO, Gerardo M.; et. al. A new methodology for investigating the cost-optimality of energy retrofitting a building category. **Energy and Buildings**, 107, 456-478. nov, 2015.

MENEZES, Anna Carolina, *et al.* Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. **Applied Energy**. V. 97: 355-364. Set, 2012.

PAIXÃO, Andrea C. C. S. **Caracterização Tipológica de Agências Bancárias e seu Potencial de Economia de Energia Elétrica e Etiquetagem com a Implantação de Sistemas Fotovoltaicos**. 2013. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.

PEDREIRA, João C. S. **Eficiência Energética e Conforto Ambiental na Escolha de Edificações para Agências do Banco do Brasil: Proposta de Critérios para o Distrito Federal**. 2010. Dissertação – Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

PEDREIRA, João C. S.; AMORIM, Cláudia N. D. Eficiência Energética nas agências do Banco do Brasil no Distrito Federal. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2010, p. 1-10.

PEDREIRA, João C. S.; AMORIM, Cláudia N. D. Evolução da arquitetura bancária: uma análise quanto à eficiência energética nas agências do Banco do Brasil. **X Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**, 2009, p. 1144-1153.

PÉREZ-LOMBARD, Luis; ORTIZ, José; POUT, Christine. A review on buildings energy consumption information. **Energy and buildings**. v. 40.3, p. 394-398, 2008.

PRIYADARSINI, Rajagopalan; XUCHAO, Wu; EANG, Lee Siew. A study on energy performance of hotel buildings in Singapore. **Energy and buildings**. v.41.12, p. 1319-1324, Dez, 2009.

PROCEL INFO - CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID={A84BD56D-D750-477C-8E20-2BF2D94B4EE2}>. Acesso em 08 Feb 2019.

PBE-EDIFICA - PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE EDIFICAÇÕES. **CT Edificações / ST Edificações**. Disponível em [www.pbeedifica.con.br](http://www.pbeedifica.con.br), acesso em, 05 fev, 2019.

SARTORI, Igor; HESTNES, Anne Grete. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. **Energy and buildings**, v. 39.3,p.249-257, mar 2007.

SAIDUR, R. Energy consumption, energy savings, and emission analysis in Malaysian office buildings. **Energy policy**. v. 37.10, p. 4104-4113, Out, 2009.

SEEG - SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Emissões dos Setores de Energia Processos Industriais e Uso de Produtos. **Documento de Análise**.2018. Disponível em: <http://seeg.eco.br/analise-de-emissoes-de-gee-no-brasil-1970-2016/> Acesso em,27 nov, 2018.

SEEG - SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. **Documento de análise**. 2018. Disponível em <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/08/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>. Acesso em, 10 Dez 2018.

SPYROPOULOS, Giorgos N., BALARAS, Constantinos A. Energy consumption and the potential of energy savings in Hellenic office buildings used as bank branches – A case study. **Energy and Buildings**v. 43, p. 770-778, Abr, 2011.

THEODORIDOU, Ifigeneia; PAPADOPOULOS, Agis M.; HEGGER, Manfred. A typological classification of the Greek residential building stock. **Energy and Buildings**.V. 43.10,p.2779-2787. Out, 2011.

VARELLA, C. A. A. **Análise multivariada aplicada as ciências agrárias**. 2008, Dissertação. Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo: CPGA-CS. Rio de Janeiro, UFRJ, 2008.

VELOSO, Ana Carolina de O.; DE SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves; KOURY, Ricardo Nicolau Nassar. Research of design features that influence energy consumption in office buildings in Belo Horizonte, Brazil. **Energy Procedia**.v.111: 101-110, Mar, 2017.

ZHAO, Hai-xiang; MAGOULÈS, Frédéric. A review on the prediction of building energy consumption. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 3586-3592, 2012.

YI, Yun Kyu; Malkawi, Ali M. Optimizing building form for energy performance based on hierarchical geometry relation. **Automation in Construction**, v. 18.6,p.825-833. Out, 2009.

WONG, Ing L.& KRÜGER, Eduardo L. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: Implications, challenges, barriers and opportunities. **Energy Policy**, v. 109,p.310-323, out, 2017.

## APÊNDICE

Dados das 12 agências utilizados para o cálculo do nível de eficiência energética.

Dados da envoltória:

| Requisito Geral |           |   |                                |                                |                       |                       |                                 |
|-----------------|-----------|---|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Agên<br>cia Nr  | Tipologia | Circuitos<br>elétricos                    | Transmit.<br>Térmica<br>(Upar) | Transmit.<br>Térmica<br>(Ucob) | Absortância<br>(wall) | Absortância<br>(roof) | Fator forma (FF)<br>(Aenv/Vtot) |
| 3               | D         | não (subsolo<br>tem quadro<br>com ilum+T) | 1,26                           | 0,5                            | 0,25                  | 0,2                   | 0,32                            |
| 5               | D         | sim                                       | 1,82                           | 0,51                           | 0,24                  | 0,2                   | 0,29                            |
| 6               | D         | sim                                       | 1,74                           | 0,51                           | 0,2                   | 0,2                   | 0,46                            |
| 10              | D         | sim                                       | 1,79                           | 0,5                            | 0,21                  | 0,2                   | 0,17                            |
| 11              | C         | sim                                       | 1,85                           | 1,14                           | 0,62                  | 0,2                   | 0,17                            |
| 16              | B         | sim                                       | 1,82                           | 0,51                           | 0,22                  | 0,2                   | 0,31                            |
| 28              | C         | sim                                       | 1,76                           | 0,5                            | 0,15                  | 0,2                   | 0,33                            |
| 31              | D         | sim                                       | 1,74                           | 0,51                           | 0,21                  | 0,2                   | 0,40                            |
| 33              | C         | sim                                       | 1,78                           | 0,5                            | 0,15                  | 0,2                   | 0,22                            |
| 36              | C         | sim                                       | 2,3                            | 0,5                            | 0,15                  | 0,2                   | 0,36                            |
| 38              | B         | sim                                       | 1,9                            | 0,51                           | 0,15                  | 0,2                   | 0,28                            |
| 46              | D         | sim                                       | 1,7                            | 0,5                            | 0,15                  | 0,2                   | 0,36                            |

| ENVOLTORIA                     |      |       |       |              |                                |                 |                          |                  |
|--------------------------------|------|-------|-------|--------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|------------------|
| Fator altura (FA) (Apcob/Atot) | FS   | AVS   | AHS   | CGT Real kWh | CgT Referência/ CTt Referência | EqNum ENV RTQ-C | RTQ-C com pré-requisitos | Novo regulamento |
| 0,52                           | 0,73 | 0     | 0     | 22.603,43    | 41.487,49                      | A               | B                        | A                |
| 0,52                           | 0,75 | 12,82 | 5,65  | 49.881,26    | 70.629,25                      | B               | B                        | B                |
| 1                              | 0,71 | 8,04  | 7,62  | 9.197,75     | 18.993,77                      | D               | D                        | A                |
| 0,5                            | 0,72 | 11,91 | 6,22  | 27.638,22    | 52.961,17                      | A               | B                        | A                |
| 0,73                           | 0,7  | 18,65 | 1,44  | 19.220,57    | 26.307,95                      | B               | C                        | B                |
| 0,51                           | 0,7  | 13,07 | 0     | 34.447,11    | 56.806,35                      | D               | D                        | A                |
| 0,5                            | 0,47 | 17,5  | 0     | 23.383,81    | 47.698,91                      | A               | B                        | A                |
| 0,5                            | 0,73 | 15,03 | 0     | 12.790,78    | 28.963,53                      | A               | B                        | A                |
| 0,51                           | 0,62 | 0     | 11,1  | 56.929,01    | 86.636,01                      | A               | B                        | A                |
| 0,5                            | 0,7  | 14,41 | 6,04  | 11.547,37    | 24.993,26                      | A               | C                        | A                |
| 0,6                            | 0,72 | 31,51 | 26,65 | 56.049,97    | 86.405,60                      | C               | C                        | A                |
| 0,5                            |      | 0     | 0     | 26.740,00    | 56.574,11                      | B               | B                        | A                |

## Dados dos equipamentos e sistema de iluminação:

| EQUIPAMENTOS |               | ILUMINAÇÃO-Método área              |                          |                                       |  |               |                |                |                          |                  |
|--------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|---------------|----------------|----------------|--------------------------|------------------|
| W/m 2        | CEP (kWh/ano) | Acionamento independente iluminação | Contribuição luz natural | Desligamento auto sistemas iluminação | Densidade de Potencia de Iluminação (W/m²) | CIL (kWh/ano) | CIL Referência | EqNum IL RTQ-C | RTQ-C com pre-requisitos | Novo regulamento |
| 9,7          | 18217,20      | não                                 | não                      | sim                                   | 11,14                                      | 25.563,52     | 32.081,40      | B              | D                        | C                |
| 9,7          | 32812,23      | não                                 | não                      | não                                   | 13,79                                      | 54.523,69     | 56.080,89      | D              | D                        | D                |
| 9,7          | 27327,21      | não                                 | não                      | não                                   | 17,97                                      | 50.527,32     | 39.723,06      | E              | E                        | E                |
| 9,7          | 23488,97      | não                                 | não                      | sim                                   | 10,61                                      | 28.961,92     | 39.638,42      | B              | D                        | C                |
| 9,7          | 32647,36      | não                                 | não                      | não                                   | 12,23                                      | 43.588,52     | 54.115,40      | C              | D                        | D                |
| 9,7          | 29225,01      | não                                 | não                      | sim                                   | 11,09                                      | 33.501,72     | 42.481,71      | B              | D                        | C                |
| 9,7          | 22599,01      | não                                 | não                      | sim                                   | 10,22                                      | 29.364,34     | 37588,18       | B              | D                        | B                |
| 9,7          | 13987,16      | não                                 | não                      | não se aplica                         | 10,24                                      | 14.890,52     | 20.331,85      | B              | D                        | B                |
| 9,7          | 43703,92      | não                                 | não                      | sim                                   | 13,03                                      | 58.470,60     | 63.528,37      | D              | D                        | D                |
| 9,7          | 21078,12      | não                                 | não                      | sim                                   | 10,23                                      | 22.157,80     | 30.639,33      | B              | D                        | B                |
| 9,7          | 46947,42      | não                                 | não                      | sim                                   | 12,97                                      | 70.053,97     | 76.343,09      | D              | D                        | D                |
| 9,7          | 22153,62      | não                                 | não                      | sim                                   | 9,6  | 21.198,20     | 32.202,69      | A              | D                        | B                |



Dados do sistema de condicionamento de ar e etiqueta final:

| AR-CONDICIONADO            |                           |                               |           |      |  |                    |                          |                |                         | ETIQUETA FINAL   |       |      |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------|------|--|--------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|------------------|-------|------|
| Espessura isolamento dutos | AC equipamento etiquetado | AC equipamento não etiquetado | COP (W/W) | SPLV | Potência instalada Total (installed power) | CCA real (kWh/ano) | CCA referencia (kWh/ano) | RTQ-C EqNum AC | RTQ-C com pre-requisito | Novo regulamento | RTQ-C | NOVO |
| 10mm                       | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | C              | C                       |                  | C     |      |
| 10mm                       | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | A              | B                       |                  | C     |      |
| 8mm                        | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | A              | B                       |                  | C     |      |
| 8mm                        | split                     | VRF                           |           |      |  |                    |                          | A              | B                       |                  | C     |      |
| 20mm                       | split                     | Chiller                       |           |      |  |                    |                          | A              | A                       |                  | C     |      |
| 8mm                        | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | A              | B                       |                  | C     |      |
| 25mm                       | split                     | VRF                           |           |      |  |                    |                          | A              | A                       |                  | B     |      |
| 8mm                        | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | C              | C                       |                  | B     |      |
| 8mm                        | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | A              | B                       |                  | C     |      |
| 10mm                       | split                     | splitão central               |           |      |  |                    |                          | C              | C                       |                  | C     |      |
| 8mm                        | split                     | splitão                       |           |      |  |                    |                          | A              | B                       |                  | C     |      |
| 8mm                        | split                     | splitão central               |           |      |  |                    |                          | D              | D                       |                  | B     |      |

## Dados gerais:

| Modelo HVAC   | Temperatura termostato (°C)                          | Lâmpada           | Subsolo com garagem                     | Largura parede (cm) | Material parede            | Cobertura                  | Forro   | Estrutura    | Vidro                  | Película            | Área (m²) | Ano de construção | Densidade (m²/pessoa) |
|---|--|-------------------|---|---------------------|----------------------------|----------------------------|---|--------------|------------------------|---------------------|-----------|-------------------|-----------------------|
| HITACHI-RTC200CNP   | 22 (AC não prop. conforto térmico, necessário rever) | fluorescente 4x14 | sim                                     | 15                  | placa cimentícia e drywall | telha sanduiche            | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | metálica     | Temperado incolor 10mm | sim                 | 669,64    | 2013              | 55,80                 |
| YORK-EBX242A60  |  | fluorescente 4x16 | sim                                     | 20                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche com isopor | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | pré-moldado  | Temperado incolor 10mm | sim                 | 1.188,39  | 2010              | 69,91                 |
| Carrier - 40MZB3COTV  | 21   | fluorescente 4x16 | não                                     | 23                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche com isopor | Fibra mineral Armstrong com laje apenas acima do AC | convencional | Temperado incolor 10mm | sim                 | 960,30    | 2009              | 48,02                 |
| HITACHI-SET FREE ECO FLEX RAS12FSNM5B / RAS8FSNM5B/ RACIV18BH |  | fluorescente 4x14 | sim (18 luminárias T5 + 4 bulbo LED 8W) | 21                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche            | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | convencional | Temperado incolor 10mm | sim                 | 1.043,07  | 2013              | 38,63                 |
| TRANE-WDPA14ABAD30 HG00GOOB6A WBA0000100000 00000000000       | 23   | fluorescente 2x32 | sim (15 lum 2x32 + 3 fluo 15w)          | 19                  | alvenaria convencional     | laje concreto com cerâmica | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | convencional | Temperado incolor 10mm | sim, parcialmente   | 1.176,85  | 2008              | 37,96                 |
| TRANE   | 24   | fluorescente 4x14 | não                                     | 20                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche com isopor | Fibra mineral Armstrong com laje                    | pré-moldado  | Temperado incolor 10mm | sim, parcialmente   | 1.050,86  | 2011              | 50,04                 |
| YORK-YV2VYH07BAH-D-X  | -  | fluorescente 4x14 | sim                                     | 22                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche            | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | pré-moldado  | Temperado incolor 10mm | sim                 | 800,00    | 2014              | 57,14                 |
| HITACHI-RVT100  | 21,5   | fluorescente 4x14 | não                                     | 23                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche com isopor | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | convencional | Temperado incolor 10mm | sim                 | 499,80    | 2012              | 35,70                 |
| HITACHI-RTC400CNP/RTC450CNP                                   | 23,2/ 22,8/ 21,6                                     | fluorescente 4x16 | não                                     | 21,5                | alvenaria convencional     | telha sanduiche            | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | pré-moldado  | Temperado incolor 8mm  | sim                 | 1.606,64  | 2009              | 41,20                 |
| HITACHI-RAP050ES/RAP080ES                                     | 22   | fluorescente 4x14 | não                                     | 16,5                | alvenaria convencional     | telha sanduiche            | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | convencional | Temperado incolor 8mm  | sim                 | 751,00    | 2013              | 53,64                 |
| TRANE-CXSA20AAB000 P00240A0000000 00000A00                    | 21   | fluorescente 4x14 | sim                                     | 20                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche com isopor | Fibra mineral Armstrong sem laje                    | convencional | Temperado incolor 10mm | sim, somente terreo | 1.668,91  | 2011              | 33,38                 |
| HITACHI-RVT150CXP   | 22   | fluorescente 4x14 | não                                     | 31                  | alvenaria convencional     | telha sanduiche            | Fibra mineral Armstrong                             | convencional | Temperado incolor 10mm | sim, somente terreo | 774,90    | 2012              | 48,43                 |

| Densidade ocupação (person/100m²) | Forma edificação | Orientação fachada frontal | número pavimentos | NORTE      | SUL        | OESTE      | LESTE      | % abertura TOTAL | Consumo energia médio (kWh/ano) | Consumo energia 2016 (kWh/ano) | Consumo energia 2015 (kWh/ano) | Consumo energia 2014 (kWh/ano) | (EUI) (kWh/m²/ano) | CO2 emissão (kgCO2 per kWh) |
|-----------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
|                                   |                  |                            |                   | % abertura | % abertura | % abertura | % abertura |                  |                                 |                                |                                |                                |                    |                             |
| 1,79                              | rectangular      | East                       | 3                 | 7,21%      | 0,00%      | 12,01%     | 25,85%     | 12,04%           | 112.034                         | 103.313                        | 111.502                        | 121.286                        | 167,30             | 17,972                      |
| 1,43                              | rectangular      | East                       | 3                 | 26,25%     | 12,83%     | 10,31%     | 30,50%     | 21,48%           | 128.243                         | 124.226                        | 130.861                        | 129.641                        | 107,91             | 20,572                      |
| 2,08                              | rectangular      | West                       | 1                 | 0,00%      | 0,00%      | 62,82%     | 11,02%     | 8,04%            | 160.876                         | 155.497                        | 166.247                        | 160.883                        | 167,53             | 25,807                      |
| 2,59                              | rectangular      | South                      | 3                 | 15,85%     | 50,48%     | 0,00%      | 0,00%      | 16,21%           | 84.084                          | 102.708                        | 109.512                        | 40.033                         | 80,61              | 13,488                      |
| 2,63                              | rectangular      | North                      | 2                 | 53,00%     | 0,00%      | 31,26%     | 0,00%      | 34,79%           | 165.241                         | 162.539                        | 162.405                        | 170.780                        | 140,41             | 26,507                      |
| 2,00                              | rectangular      | West                       | 2                 | 0,00%      | 8,88%      | 53,90%     | 3,48%      | 18,41%           | 130.748                         | 120.911                        | 136.151                        | 135.182                        | 124,42             | 20,974                      |
| 1,75                              |                  | South/West                 | 3                 | 5,20%      | 66,39%     | 34,04%     | 0,00%      | 25,50%           | 88.955                          | 86.370                         | 111.150                        | 69.346                         | 111,19             | 14,270                      |
| 2,80                              | rectangular      | East                       | 2                 | 0,00%      | 0,00%      | 7,17%      | 20,88%     | 15,03%           | 91.712                          | 66.139                         | 77.545                         | 131.452                        | 183,50             | 14,712                      |
| 2,43                              | rectangular      | East                       | 2                 | 0,00%      | 14,81%     | 4,17%      | 32,21%     | 13,01%           | 207.871                         | 198.140                        | 202.481                        | 222.991                        | 129,38             | 33,345                      |
| 1,86                              | rectangular      | North                      | 2                 | 1,57%      | 13,45%     | 0,00%      | 45,69%     | 12,89%           | 115.049                         | 120.039                        | 107.569                        | 117.538                        | 153,19             | 18,455                      |
| 3,00                              | rectangular      | West                       | 3                 | 0,00%      | 0,00%      | 55,29%     | 8,77%      | 15,71%           | 250.234                         | 231.842                        | 247.551                        | 271.310                        | 149,94             | 40,141                      |
| 2,06                              | rectangular      | North                      | 2                 | 50,52%     | 0,00%      | 24,53%     | 0,76%      | 17,02%           | 118.081                         | 111.027                        | 123.413                        | 119.803                        | 152,38             | 18,942                      |

Tabela completa da correlação das 11 agências com os níveis de eficiência e o consumo energético:

| Kendalls tau_b |                         | Correlations           |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  | CONSUMO (kWh/m2) |
|----------------|-------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                |                         | EqNum ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | ENVOLTORIA RTQ-C | ENVOLTORIA INI-C | ENVOLTORIA RTQ-C |                  |
|                | EqNum ENVOLTORIA RTQ-C  | 1,000                  | ,619             | ,578             | ,267             | ,327             | ,432             | ,239             | ,130             | ,102             | ,204             | ,243             | ,270             | ,045             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         |                        | ,033             | ,055             | ,340             | ,265             | ,122             | ,413             | ,643             | ,735             | ,498             | ,389             | ,296             | ,862             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | ENVOLTORIA RTQ-C        | ,619                   | 1,000            | ,361             | ,255             | ,104             | ,287             | ,254             | ,193             | ,108             | ,433             | ,258             | ,095             | ,143             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,033                   |                  | ,234             | ,365             | ,724             | ,281             | ,388             | ,494             | ,721             | ,154             | ,364             | ,713             | ,582             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | ENVOLTORIA INI-C        | ,578                   | ,361             | 1,000            | ,686             | ,560             | ,685             | ,440             | ,414             | ,542             | ,375             | ,530             | ,385             | ,000             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,055                   | ,234             |                  | ,019             | ,088             | ,019             | ,151             | ,159             | ,087             | ,236             | ,073             | ,153             | 1,000            |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | EqNum ILLUMINACAO RTQ-C | ,267                   | ,255             | ,686             | 1,000            | ,816             | ,830             | ,633             | ,450             | ,588             | ,523             | ,857             | ,497             | ,022             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,340                   | ,365             | ,019             |                  | ,004             | ,002             | ,026             | ,099             | ,045             | ,074             | ,002             | ,048             | ,932             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | ILLUMINACAO RTQ-C       | ,327                   | ,104             | ,560             | ,816             | 1,000            | ,718             | ,423             | ,184             | ,440             | ,360             | ,827             | ,423             | ,000             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,265                   | ,724             | ,068             | ,004             |                  | ,012             | ,156             | ,521             | ,152             | ,241             | ,004             | ,107             | 1,000            |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | ILLUMINACAO INI-C       | ,432                   | ,297             | ,685             | ,830             | ,718             | 1,000            | ,603             | ,429             | ,560             | ,654             | ,618             | ,555             | ,103             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,122                   | ,291             | ,019             | ,002             | ,012             |                  | ,034             | ,116             | ,055             | ,025             | ,024             | ,027             | ,682             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | EqNum RTQ-C AC          | ,239                   | ,254             | ,440             | ,633             | ,423             | ,603             | 1,000            | ,870             | ,440             | ,440             | ,437             | ,605             | ,460             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,413                   | ,388             | ,151             | ,026             | ,156             | ,034             |                  | ,002             | ,151             | ,151             | ,128             | ,021             | ,079             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | AC RTQ-C                | ,130                   | ,193             | ,414             | ,450             | ,184             | ,429             | ,870             | 1,000            | ,414             | ,223             | ,279             | ,442             | ,316             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,643                   | ,494             | ,159             | ,099             | ,521             | ,116             | ,002             |                  | ,159             | ,448             | ,312             | ,080             | ,211             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | AC INI-C                | ,102                   | ,108             | ,542             | ,588             | ,440             | ,580             | ,440             | ,414             | 1,000            | ,375             | ,430             | ,661             | ,275             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,735                   | ,721             | ,087             | ,045             | ,152             | ,055             | ,151             | ,159             |                  | ,236             | ,146             | ,014             | ,307             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | RTQ-C FINAL             | ,204                   | ,433             | ,375             | ,523             | ,360             | ,654             | ,440             | ,223             | ,375             | 1,000            | ,364             | ,440             | ,220             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,498                   | ,154             | ,236             | ,074             | ,241             | ,025             | ,151             | ,448             | ,236             |                  | ,218             | ,102             | ,414             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | INI-C FINAL             | ,243                   | ,258             | ,530             | ,857             | ,827             | ,618             | ,437             | ,279             | ,430             | ,364             | 1,000            | ,306             | ,131             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,389                   | ,364             | ,073             | ,002             | ,004             | ,024             | ,128             | ,312             | ,146             | ,218             |                  | ,228             | ,605             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | Area                    | ,270                   | ,095             | ,385             | ,497             | ,423             | ,555             | ,605             | ,442             | ,661             | ,440             | ,306             | 1,000            | ,527             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,296                   | ,713             | ,153             | ,048             | ,107             | ,027             | ,021             | ,080             | ,014             | ,102             | ,228             |                  | ,024             |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |
|                | CONSUMO (kWh/m2ano)     | ,045                   | ,143             | ,000             | ,022             | ,000             | ,103             | ,460             | ,316             | ,275             | ,220             | ,414             | ,605             | ,024             |                  |                  |
|                | Sig. (2-tailed)         | ,862                   | ,582             | 1,000            | ,932             | 1,000            | ,682             | ,079             | ,211             | ,307             | ,414             | ,605             | ,024             |                  |                  |                  |
|                | N                       | 11                     | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               | 11               |

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## IMAGENS DAS AGÊNCIAS VISTORIADAS





