



**CBCS**

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

## **RT2A.01: Relatório de Auditorias Energéticas - Tipologia de Agência Bancária**

PROJETO: ECV – PRFP 003B/2020

CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICO-FINANCEIRA ENTRE A ELETROBRAS E O CBCS,  
DESTINADO AO DESENVOLVIMENTO DE BENCHMARKS ENERGÉTICOS NO ÂMBITO DO  
PROCEL

**Relatório elaborado pelos colaboradores do CBCS CONSELHO BRASILEIRO  
DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL:**

Ana Carolina Veloso  
Ana Paula Melo  
Anderson Letti  
Arthur Cursino  
Camila Suizu

Clarice Degani  
Daniel Amaral  
Eduardo Kanashiro  
Matheus Geraldini  
Roberto Lamberts  
Kleber Moura

**Coordenação Eletrobras/Procel:** Elisete Cunha

**Publicado em 08/03/2021**

**Relatório da atividade 2A com a finalidade de descrever as auditorias energéticas que subsidiaram a configuração dos arquétipos, os dados de entrada das simulações e as escalas de *benchmark* para a tipologia de Agência Bancária.**

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA.....</b>	<b>2</b>
Metodologia geral adotada para o convênio.....	3
<b>2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE.....</b>	<b>5</b>
Características gerais.....	6
Ocupação.....	8
Cargas especiais (ATMs e CPDs).....	11
Intensidade de Uso de Energia (EUI).....	13
Iluminação artificial.....	16
Características construtivas.....	16
<b>4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS.....</b>	<b>17</b>
Características gerais.....	17
Ocupação.....	19
Cargas especiais (ATMs e CPDs).....	20
Condicionamento de ar.....	21
Iluminação.....	23
Cargas de tomada.....	23
Análise dos usos finais.....	24
<b>5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS.....</b>	<b>25</b>
Validação do arquétipo e variáveis relevantes.....	25
Comparação do consumo real com os consumos estimados.....	26
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>28</b>

# 1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) é uma organização da sociedade civil, sem fins lucrativos, que tem por objetivo contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável, por meio da geração e disseminação de conhecimento e da mobilização da cadeia produtiva do setor da construção civil, de seus clientes e consumidores.

Dentre outras atuações, o CBCS tem desenvolvido ações de *benchmarking* de consumo energético, desde 2013, quando lançou o projeto Desempenho Energético Operacional (DEO) e desenvolveu uma metodologia de *benchmarking* para agências bancárias, para edifícios de escritórios corporativos e para edifícios públicos administrativos.

Em 2018, o CBCS firmou este convênio de cooperação com a Eletrobras, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, que inclui o projeto intitulado “Estruturação do setor de edificações por meio de estudos e desenvolvimentos de base de dados com indicadores”. O Convênio firmado também tem total aderência com as atividades do Procel Edifica – Eficiência Energética em Edificações, que coordena tecnicamente o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PBE Edifica, do Inmetro, programa que define classes de desempenho energético para construções novas.

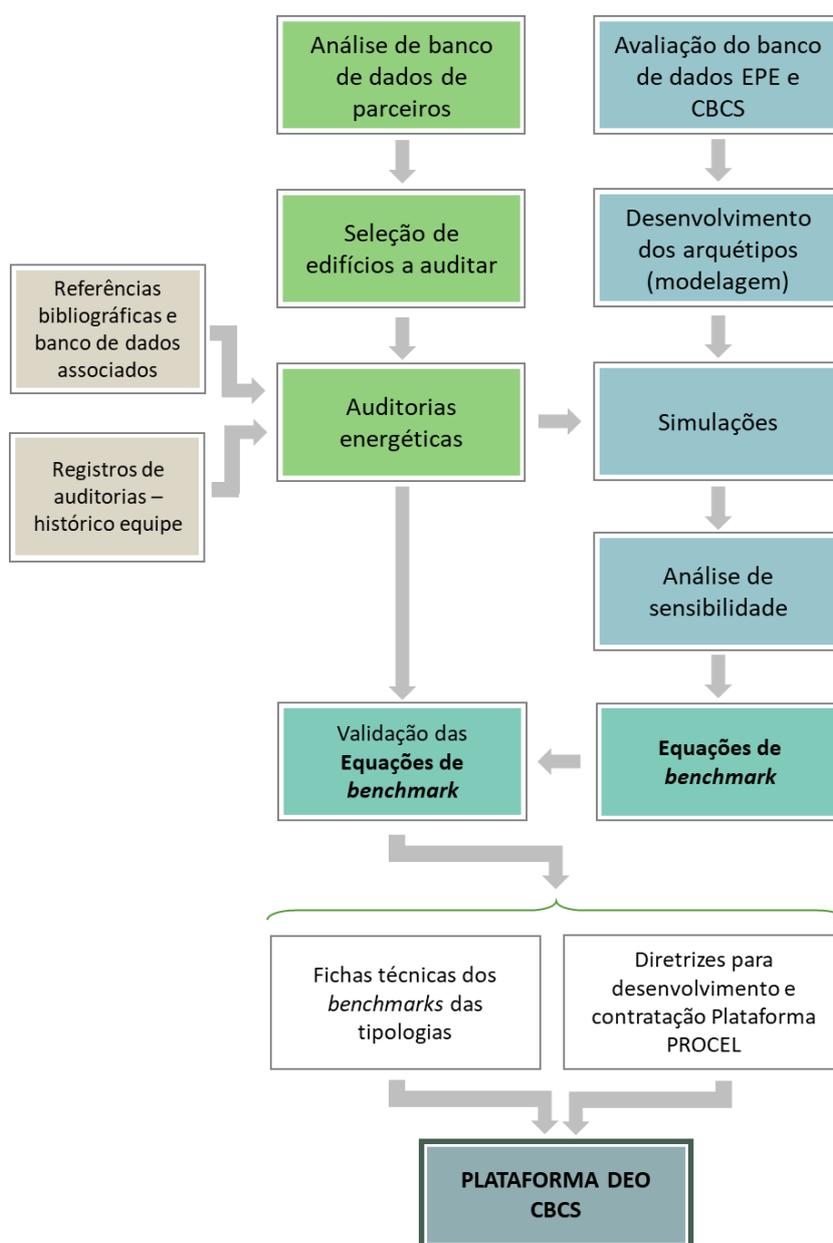
É clara a necessidade de avanços para o desenvolvimento de um programa nacional de gestão energética em edificações existentes e a pertinência do presente convênio. Sendo assim, para melhor entender o consumo energético das edificações em operação, a fim de permitir a gestão destes consumos e operações mais eficientes, a aplicação de *benchmarks* revela-se um excelente ponto de partida.

Deste modo, o objetivo do convênio é desenvolver *benchmarks* e indicadores de desempenho energético para 15 tipologias de edificações em uso e operação, privadas e públicas, visando o futuro desenvolvimento de uma base de dados de consumo energético e de um programa nacional de gestão energética para edificações em uso, semelhante ao já existente para novas construções.

## METODOLOGIA GERAL ADOTADA PARA O CONVÊNIO

A metodologia adotada para o convênio teve como ponto de partida o estudo da base de dados do projeto META (Projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral) da EPE (Empresa de Pesquisa em Energia Elétrica), detalhado no relatório RT1A.01, a partir do qual obteve-se informações para a caracterização de grande parte das diferentes tipologias alvo deste convênio.

No transcorrer do convênio, dados de caracterização do estoque para cada tipologia foram obtidos, tratados e analisados – seja por meio de auditorias ou de bancos de dados já existentes – e foram usados para a construção dos arquétipos e a realização de simulações para cada tipologia. As simulações fundamentaram a construção das equações de *benchmark* e os dados de caracterização do estoque disponível foram utilizados para a validação destas equações. O fluxograma do método é apresentado na Figura 1.



**Figura 1 - Método aplicado pelo CBCS para o desenvolvimento dos benchmarks no âmbito deste convênio no âmbito deste convênio**

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Agência Bancária** a partir da análise de banco de dados e das auditorias energéticas. Registram-se neste relatório todos os métodos utilizados para a realização destas análises, bem como as principais variáveis identificadas para esta tipologia e os seus valores representativos.

A análise de banco de dados foi feita a partir de informações disponibilizadas por parceiros. Esta análise do banco de dados corresponde à caracterização desta tipologia no Brasil, delineando as principais características construtivas, as estatísticas de consumo de energia e a relação dessas características com a região geográfica de uma quantidade extensiva de edificações - denominada de estoque.

As auditorias energéticas são levantamentos de dados coletados por meio de visitas técnicas nas edificações auditadas. Seu objetivo é compreender as especificidades e as variações inerentes de uma amostra de edificações e, dessa forma, enriquecer a caracterização do estoque realizada sobre os bancos de dados extensivos, adicionando a perspectiva da realidade. As auditorias energéticas realizadas no âmbito do presente convênio são simplificações das práticas de diagnóstico energético, as quais geralmente são executadas com a finalidade de medir o desempenho energético de uma edificação, identificar seus usos finais de energia e prospectar medidas de eficiência energética aplicáveis (ISO 50002,2019).

Deste modo, a caracterização da tipologia é uma das etapas da metodologia para o desenvolvimento das equações de *benchmark*, com o objetivo de identificar e entender o padrão construtivo, operacional e de consumo energético das edificações a partir de estudos de caso reais. Estas informações obtidas em campo contribuem para o refinamento dos arquétipos, para a definição dos tipos de sistemas e dos padrões de uso considerados nas simulações, para a calibração dos modelos de simulação e, posteriormente, para as análises de sensibilidade e validação das equações de *benchmark*.

Sempre que possível, o processo de caracterização da tipologia seguiu as seguintes etapas:

- 1) Análise do banco de dados existente;
- 2) Levantamento preliminar de dados adicionais e complementares;
- 3) Análise dos dados preliminares e seleção dos edifícios para visita técnica;
- 4) Realização das visitas técnicas;
- 5) Tabulação das informações levantadas durante visita técnica e análise de dados utilizando a planilha de auditoria energética CBCS-DEO<sup>1</sup>;
- 6) Análise da estimativa de consumo de energia elétrica por usos finais;
- 7) Elaboração do relatório de análise de consumo destinado ao parceiro.

Em fevereiro de 2020, a declaração da pandemia de COVID-19 implicou em medidas de isolamento e distanciamento sociais para conter o espalhamento do novo coronavírus pelo país. Em virtude dessas restrições, o acesso de pessoas em geral e da equipe de auditores às edificações foi impedido, e as visitas técnicas em algumas tipologias não puderam acontecer. Para suprir esta lacuna, as visitas técnicas impossibilitadas tiveram como alternativa de levantamento de dados:

- i. Análise de resultados de auditorias energéticas reportadas em pesquisas acadêmicas e em arquivos de profissionais de mercado;

<sup>1</sup> Baseada no TM22 - Memorando Técnico 22 (do inglês: *Technical Memoranda 22 - Energy Assessment and Reporting Method*), desenvolvido pelo CIBSE (do inglês: *Chartered Institution of Building Services Engineers*) publicado em 2006;

- ii. Análise de plantas e memoriais descritivos de projetos arquitetura, elétrica, luminotécnica e AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) de edificações implantadas; e
- iii. Entrevistas por videoconferência com gerentes de instalações prediais.

A tabulação das informações, a análise dos dados e a estimativa do consumo de energia por uso final foi feita por meio da planilha eletrônica desenvolvida para este projeto, denominada **Planilha de auditoria energética CBCS-DEO**. Seu método de cálculo leva em consideração a quantidade, a potência, as horas de operação ao longo do ano e o fator de uso dos equipamentos presentes nas edificações, apresentando a estratificação dos consumos por sistema, quando não há medição setorizada na edificação ou quando não foi possível realizar a sub medição durante a visita *in loco*.

O modelo da **Planilha de auditoria energética CBCS-DEO** é apresentado nos relatórios técnicos **RT1A.02** e **RT1B.01** deste convênio.

### 3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE

Em 2014, o CBCS desenvolveu sua primeira equação de *benchmark*, voltado para a tipologia de **Agência Bancária**. Esse método foi publicado e consolidado, introduzindo a avaliação do desempenho energético operacional de edificações no Brasil - DEO. Foram utilizados dados de mais de 10.000 agências bancárias, classificando-as e analisando-as de acordo com seu padrão construtivo e perfis de consumo.

O presente convênio identifica a importância de revisão do método desenvolvido para a inclusão de fatores não considerados na primeira versão para esta tipologia.

A análise de banco de dados para a caracterização da tipologia de **Agência Bancária** foi feita com base nas amostras descritas no projeto META e por meio do compartilhamento voluntário de dados do estoque de parceiros. O banco de dados do estoque apresenta informações pertinentes à caracterização construtiva e ao consumo de energia, com dados de edificações de 3 instituições financeiras com edificações em todas as 27 unidades federativas brasileiras. A amostra é constituída por dados de 10.190 unidades de edificações, representando desde caixas eletrônicos alocados em edificações de terceiros até prédios sedes. Desta amostra, o estado de São Paulo apresenta dados de 3.081 agências, representando aproximadamente 30% do banco de dados, seguido pelo estado de Minas Gerais, com 12% dos dados da amostra.

Filtros para a retirada de valores espúrios de área construída e consumo de energia foram aplicados na amostra bruta, resultando em uma amostra tratada final com 8.556 unidades de edificações e sendo excluídas as configurações do tipo caixas de autoatendimento. Destas 8.556 unidades, 2.389 unidades (aproximadamente 23%) apresentam informações mais completas, contendo as seguintes variáveis: quantidade de computadores, quantidade de Centrais de Processamento de Dados (CPD), quantidade de equipamentos de condicionamento de ar, idade de construção, quantidade de funcionários, quantidade de ATMs.

Dados de cinco edifícios com auditorias energéticas publicadas são analisados e apresentados separadamente neste relatório.

A Tabela 1 apresenta o resumo dos dados disponíveis do estoque e que foram analisados.

**Tabela 1 - Resumo dos dados analisados da tipologia de Agência Bancária**

RESUMO DO BANCO DE DADOS	
Amostra bruta	10.190 unidades
Amostra tratada (sem valores espúrios)	8.556 unidades
Amostra selecionada (dados completos)	<b>2.389 unidades</b>
Unidades Federativas contendo dados	27
Variáveis Contidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dados básicos* (Estado, município e parceiro);</li> <li>– Área construída*;</li> <li>– Histórico consumo total de energia de (12 meses)*</li> <li>– Idade de construção;</li> <li>– Quantidade de funcionários;</li> <li>– Quantidade de computadores;</li> <li>– Quantidade de CPD;</li> <li>– Quantidade de ATM;</li> <li>– Automação de AVAC.</li> </ul>
Auditorias energéticas	5

\* Dados contidos em 8.556 edificações.

#### CARACTERÍSTICAS GERAIS

A Tabela 2 apresenta as medidas de síntese da amostra selecionada para a tipologia de **Agência Bancária**. Utilizou-se valores de potência, operação e fator de uso padronizados para se determinar o consumo de *workstations*, CPDs e ATMS, a partir das quantidades existentes no banco de dados.

**Tabela 2 – Medidas de síntese das variáveis do estoque para a tipologia de Agência Bancária**

VARIÁVEIS	VALOR MÍN.	1° QUARTIL (25%)	MEDIANA (50%)	MÉDIA	3° QUARTIL (75%)	VALOR MÁX.
Idade da edificação*	1,0	6,0	15,0	<b>25,08</b>	45,0	88,0
Número de Funcionários	1,0	12,0	16,0	<b>18,1</b>	23,0	68,0
Número de Funcionários/100 m <sup>2</sup>	0,406	2,0	2,967	<b>3,667</b>	4,426	34,409
Número de Workstations	2,0	14,0	18,0	<b>20,26</b>	24,0	120,0
Número de Workstations/100 m <sup>2</sup>	0,957	3,612	5,172	<b>5,964</b>	7,150	50,862
Consumo Workstations/m <sup>2</sup> [kWh/m <sup>2</sup> /ano] <sup>a</sup>	1,531	5,780	8,276	<b>9,543</b>	11,440	81,379
Número de ATM	1,0	3,0	5,0	<b>7,2</b>	9,0	50,0
Número de ATM/100 m <sup>2</sup>	0,122	0,668	1,075	<b>1,466</b>	1,765	23,00
Consumo ATM/m <sup>2</sup> [kWh/m <sup>2</sup> /ano] <sup>b</sup>	0,00	5,25	8,78	<b>12,6</b>	14,88	218,57
Número de CPD	0,0	1,0	1,0	<b>1,521</b>	2,0	11,0
Consumo CPD/m <sup>2</sup> [kWh/m <sup>2</sup> /ano] <sup>c</sup>	0,0	59,18	89,75	<b>126,70</b>	150,08	2676,24
Área Total [m <sup>2</sup> ]*	80,3	337,0	568,0	<b>656,9</b>	885,2	1998,0

<b>EUI [kWh/m<sup>2</sup>/ano]*</b>	30,01	135,26	195,42	<b>225,79</b>	272,63	4009,11
-------------------------------------	-------	--------	--------	---------------	--------	---------

<sup>a</sup> No cálculo foi considerado uma *workstation* com potência nominal de 150 W, com operação 10 horas por dia por 7 dias da semana no ano todo, com um fator de uso de 40%, resultando em aproximadamente 150 kWh/Ano de consumo.

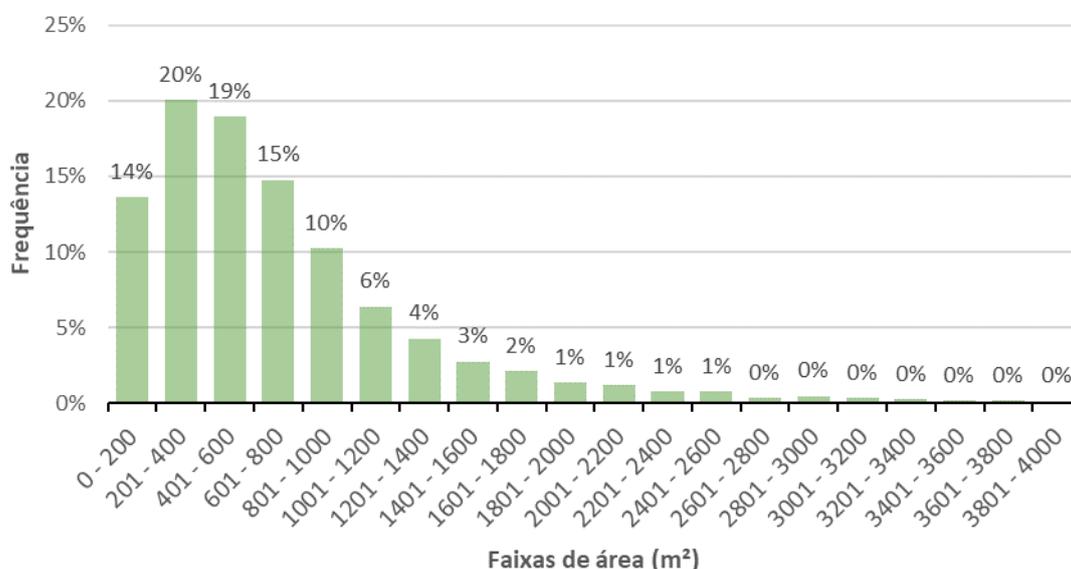
<sup>b</sup> No cálculo foi considerado um ATM com potência nominal de 250 W, com operação 12 horas por dia por 7 dias na semana no ano, com um fator de uso de 80%, resultando aproximadamente em 850 kWh/ano de consumo.

<sup>c</sup> No cálculo foi considerado um rack 16U com potência nominal de 6000 W, com operação 24 horas por dia, todos os dias do ano, com um fator de uso no período de dia de 100% e noites e fins de semana de 50%. Resultando aproximadamente em 38.232 kWh/ano de consumo.

\* Valores referentes à amostra tratada (8.556 edifícios). Demais dados se referem à amostra selecionada (2.389 edifícios)

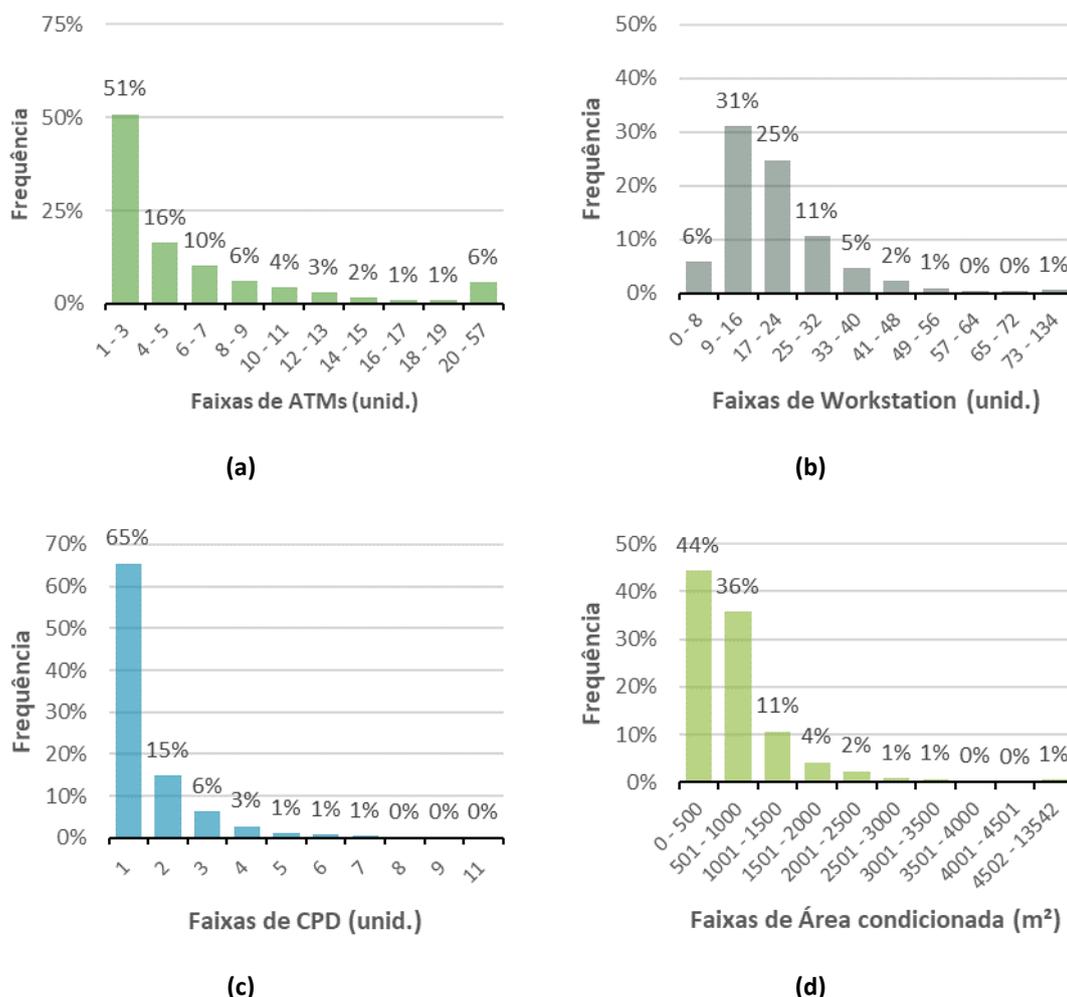
A partir da razão entre consumo de energia de 12 meses e área construída, pode-se calcular o EUI (do inglês: *Energy Use Intensity*, Intensidade de Uso de Energia) de todas as edificações do estoque tratado. A intensidade de uso de energia é um indicador amplamente utilizado para quantificar o uso de energia de uma edificação em relação à sua área construída. Nota-se, que o estoque possui um EUI médio de 225,79 kWh/m<sup>2</sup>/ano, variando de 135,26 a 272,63 kWh/m<sup>2</sup>/ano entre o primeiro e o terceiro quartil. Nota-se que o valor máximo é bastante elevado em relação à média. Porém, reitera-se que os valores espúrios já foram retirados.

Com relação à área construída, a amostra apresenta área média de 656,9 m<sup>2</sup>, mediana de 568 m<sup>2</sup> e desvio de padrão de 412,26 m<sup>2</sup>. A Figura 2 apresenta um histograma da área construída das edificações da base de dados. Observa-se que até 50% das agências têm área construída de até 500 m<sup>2</sup>.



**Figura 2 - Histograma da área construída**

As variáveis de quantidade de ATMs, quantidade de *workstations* e quantidade de CPDs são fundamentais para caracterização desta tipologia. Além disso, a área condicionada também apresenta fundamental importância no desempenho energético. A Figura 3 apresenta o comportamento das variáveis importantes que caracterizam esta tipologia para as edificações que apresentaram essas informações.



**Figura 3 – Histograma das variáveis mais determinantes em relação ao consumo total por edificação**

A Figura 3 revela que para a tipologia de **Agência Bancária**, o número de ATMs para 67% das edificações varia de 1 até 5 unidades, o número de *workstations* para 56% das edificações varia de 9 a 24 unidades e o número de CPD para 65% das edificações é de apenas 1 unidade.

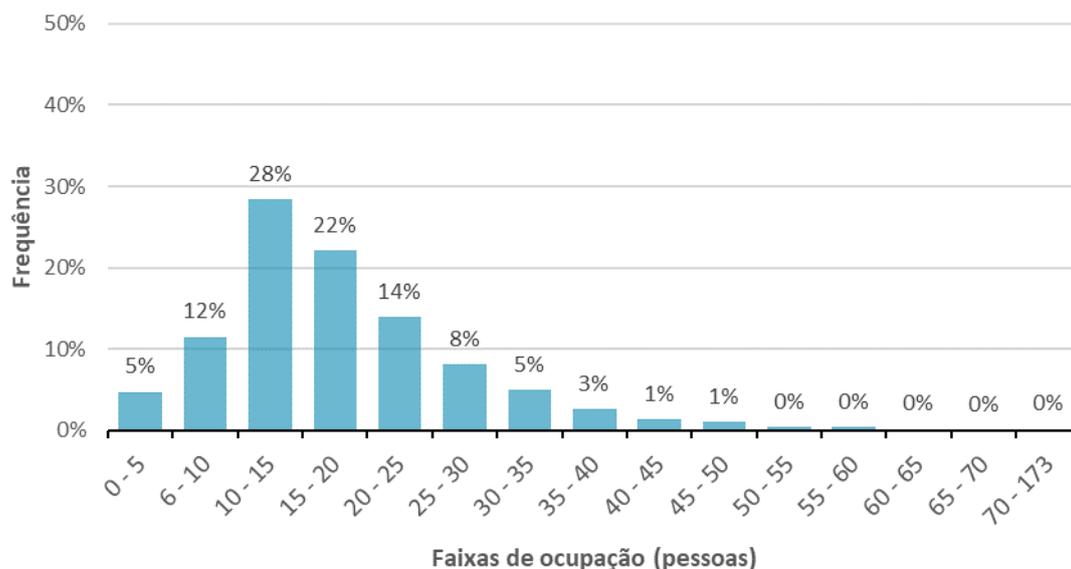
Com relação à área condicionada, o valor médio observado no banco de dados foi de 746 m<sup>2</sup>, das edificações que apresentaram esta informação. As faixas de áreas condicionadas vão até 1.000 m<sup>2</sup> para 80% das edificações do banco de dados.

### OCUPAÇÃO

A ocupação da tipologia de **Agência Bancária** é uma variável composta por duas parcelas: os funcionários, população fixa do edifício, e os clientes, população variável que recebe atendimento. Segundo Gonçalves (2015)<sup>1</sup>, uma agência bancária com área de 1.450 m<sup>2</sup> atende em média cerca de 250 clientes nos caixas e 80 clientes em atendimento negocial. Este índice foi utilizado para consideração da população variável.

Quanto ao número de funcionários, observa-se na análise do banco de dados uma variação entre 1 e 68 pessoas, variando de acordo com a área construída (Figura 4.a). Em média, agências entre 400 m<sup>2</sup> a 800 m<sup>2</sup> possuem aproximadamente 18 funcionários, resultando em uma ocupação média de 3 funcionários para cada 100 m<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> GONÇALVES, A. S. **Projeto de agência bancária nZEB**. Projeto De Graduação. Universidade Federal de Brasília. (2015).



(a)

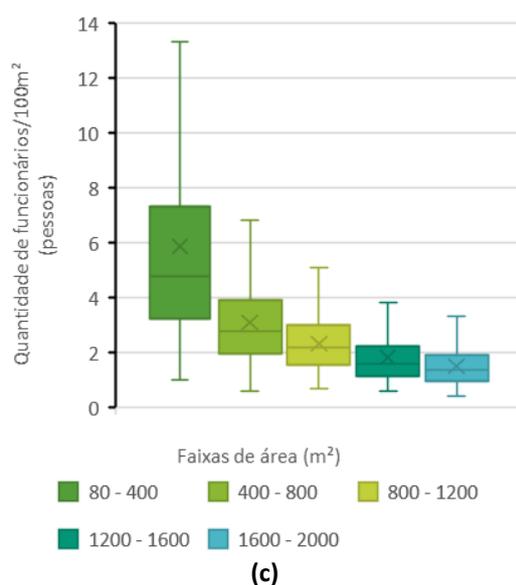
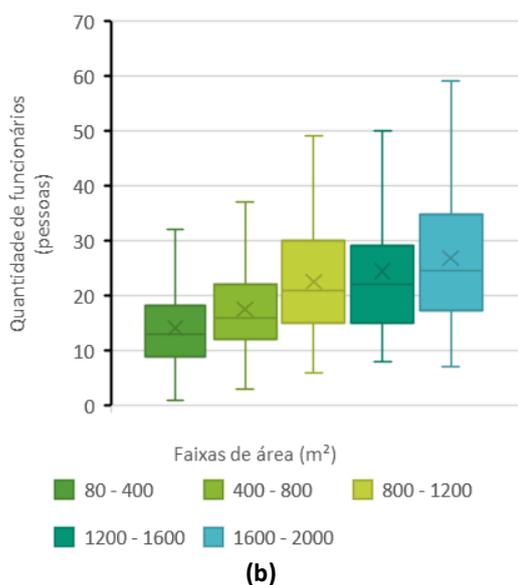
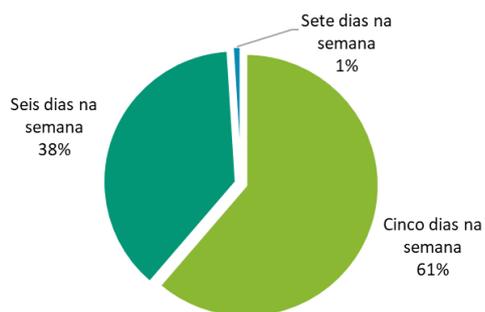


Figura 4 – Quantidade de funcionários por faixa de área construída

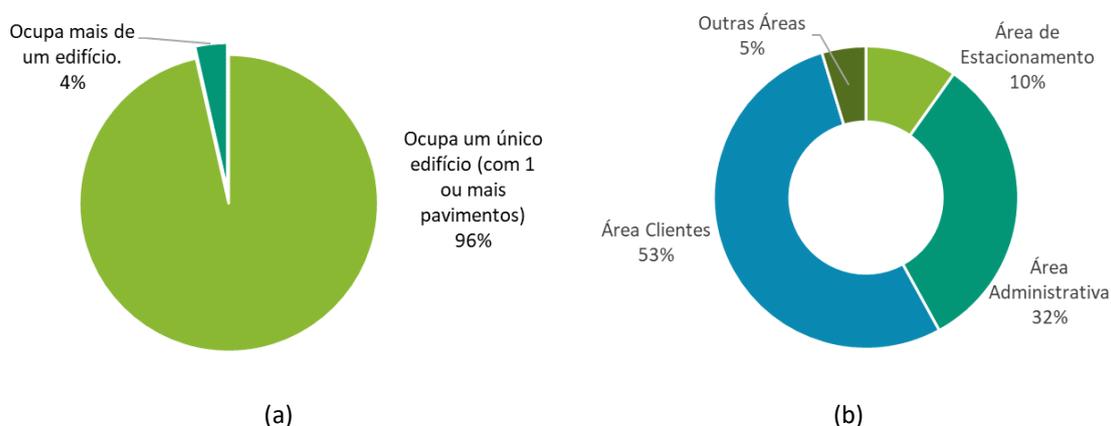
A quantidade de *workstations* é correlacionada à quantidade de funcionários da edificação, sendo aproximadamente 1 *workstation* para cada funcionário. E, apesar de haver uma grande diferença entre os extremos de consumo de energia pelos *workstations* (mínimo 1,5 e máximo de 81,4 kWh/m²/ano), a faixa entre o quartil inferior (25%) e o quartil superior (75%) apresentam valores próximos (5,8 a 11,4 kWh/m²/ano) e em torno da média de 9,5 kWh/m²/ano.

A Figura 5 apresenta a proporção da variável de dias de operação no banco de dados analisado, ou seja, se a edificação funciona 5 dias na semana (de segunda a sexta), 6 dias na semana (incluindo sábado) ou 7 dias na semana (incluindo domingo). Percebe-se que a maior parte das edificações do estoque opera cinco dias na semana (61%), e operam em dois turnos (manhã e tarde).



**Figura 5 – Proporção do estoque em relação aos dias de operação**

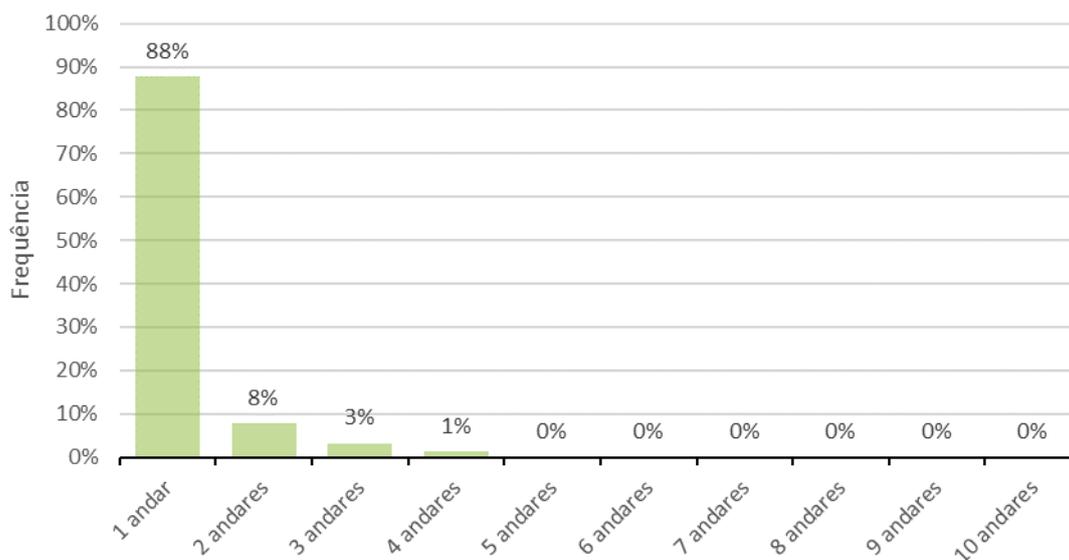
A Figura 6 apresenta a proporção de edificações do estoque que é composta por um edifício ou mais de um edifício e a proporção da divisão do espaço interno.



**Figura 6 – Proporção do estoque em relação (a) ao número de blocos e (b) divisão dos usos do espaço interno**

A quase totalidade das edificações analisadas para a tipologia de **Agência Bancária** é composta por um único bloco, sendo que a maior parte da área da edificação é voltada para a área comum (área de clientes, 53%). E em seguida, a área administrativa é a mais significativa dentre os ambientes internos (32%).

A Figura 7 apresenta a proporção de edificações em relação ao número de pavimentos, sendo o valor mais frequente edificações de um pavimento.



**Figura 7 – Histograma do número de pavimentos das edificações**

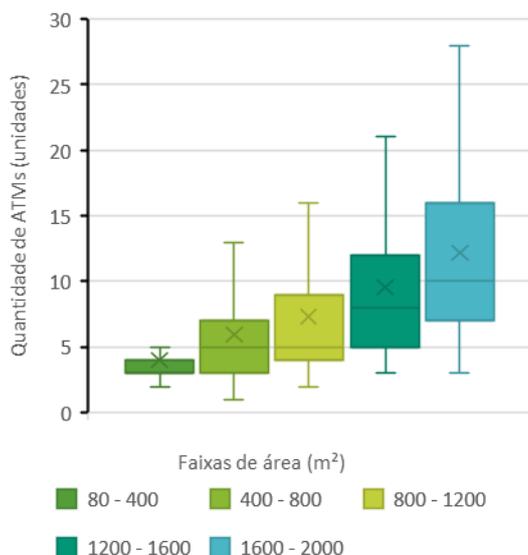
Portanto, a partir das proporções de ocupação, número de pavimentos e área identificados no estoque, pode-se dizer que uma edificação típica da tipologia de **Agência Bancária** é uma edificação de um pavimento, bloco único, de aproximadamente 656,9 m<sup>2</sup>, ocupação média de 18 funcionários e que funciona durante cinco dias da semana.

### **CARGAS ESPECIAIS (ATMS E CPDs)**

As principais cargas especiais desta tipologia caracterizam-se como presença de equipamentos de ATM (do inglês: *automated teller machine*, em português: máquinas de autoatendimento) e de CPD (central de processamento de dados).

Em relação aos equipamentos de ATMs, o banco de dados aponta uma quantidade média de 5 ATMs nas agências bancárias com área construída entre 80 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup>, 7 ATMs nas agências entre 400 m<sup>2</sup> e 800 m<sup>2</sup>, 9 ATMs nas agências entre 800 m<sup>2</sup> e 1600 m<sup>2</sup> e média de 12 ATMs nas agências entre 1600 m<sup>2</sup> e 2000 m<sup>2</sup>. Percebe-se que quanto maior a área construída das agências, maior a variação de quantidade de ATMs.

A Figura 8 apresenta a variação de ATMs em relação às faixas de área construída.



**Figura 8 – Quantidade de ATM por faixa de área construída**

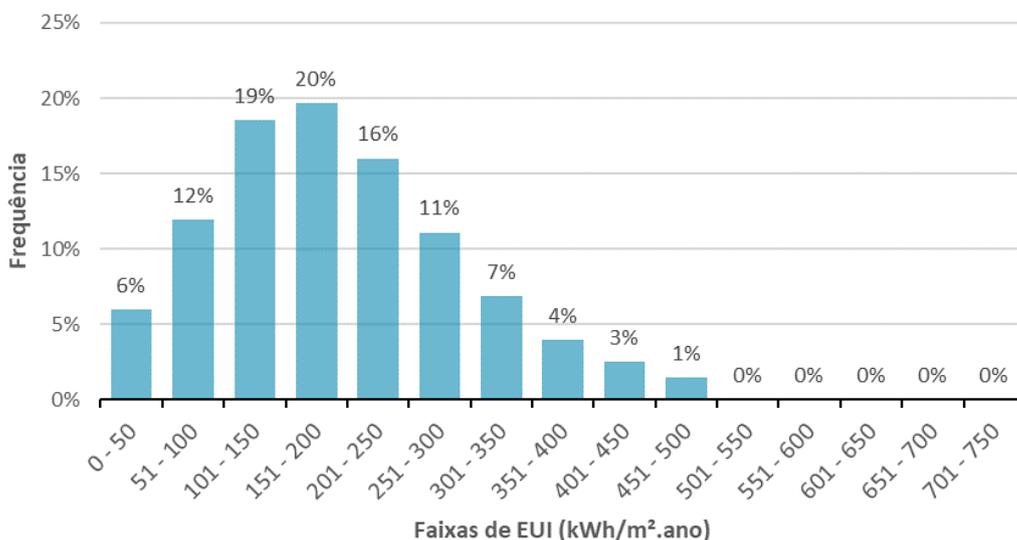
Considerando os equipamentos de ATM distribuídos nas agências, tem-se uma quantidade média de 7 ATMs por edificação (aproximadamente 1,4 ATMs a cada 100m<sup>2</sup>) e mediana de 5 ATMs (aproximadamente 1 ATMs a cada 100m<sup>2</sup>). A Tabela 2 indica que o consumo de ATMs na edificação em relação ao consumo total da edificação representa um consumo médio de 12,6 kWh/m<sup>2</sup>/ano e mediano de 8,78kWh/m<sup>2</sup>/ano. Além disso, há uma alta correlação entre o consumo de ATM e CPD, indicando a possibilidade que grande demanda da CPD de comunicação é dedicada ao ATM. Segundo Volkmuth (2019)<sup>1</sup>, há um considerável tráfego de comunicação interna e pacotes de dados entre o CPD e ATM. De fato, a matriz de correlação das variáveis apresentada posteriormente (Figura 12) demonstra uma correlação de 0,76 entre quantidade de CPDs e ATMs, e correlação 0,84 entre consumo de CPDs e consumo de ATMs, evidenciando uma correlação forte entre esses sistemas.

E com relação às CPDs, as agências bancárias apresentam uma quantidade média de 1,5 equipamentos e mediana unitária, sendo que os dados variam de 0 a 50 unidades. Dentre os 2.389 dados estatísticos que contém dados de CPDs, 71% das edificações possuem ao menos um desses equipamentos, 16% possuem dois, 7% possuem três, e 6% possuem mais que três. Verifica-se, então, que a unidades com mais elevado número de CPDs (como o máximo, com 11 equipamentos) estão em edificações com *datacenter*. A Tabela 2 apresenta o consumo médio de energia pelas CPDs de 126,70 kWh/m<sup>2</sup>/ano e mediana de 89,75 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Uma vez que o EUI médio da tipologia é de 225,79 kWh/m<sup>2</sup>/ano, evidencia-se um alto impacto do consumo de CPDs no consumo total médio desta tipologia.

<sup>1</sup> Volkmuth, Brian, "Automated Teller Machine Ethernet Traffic Identification to Target Forensics Detection of IP Packets" (2019). Culminating Projects in Information Assurance. 87. Disponível em: [https://repository.stcloudstate.edu/msia\\_etds/87](https://repository.stcloudstate.edu/msia_etds/87)

### INTENSIDADE DE USO DE ENERGIA (EUI)

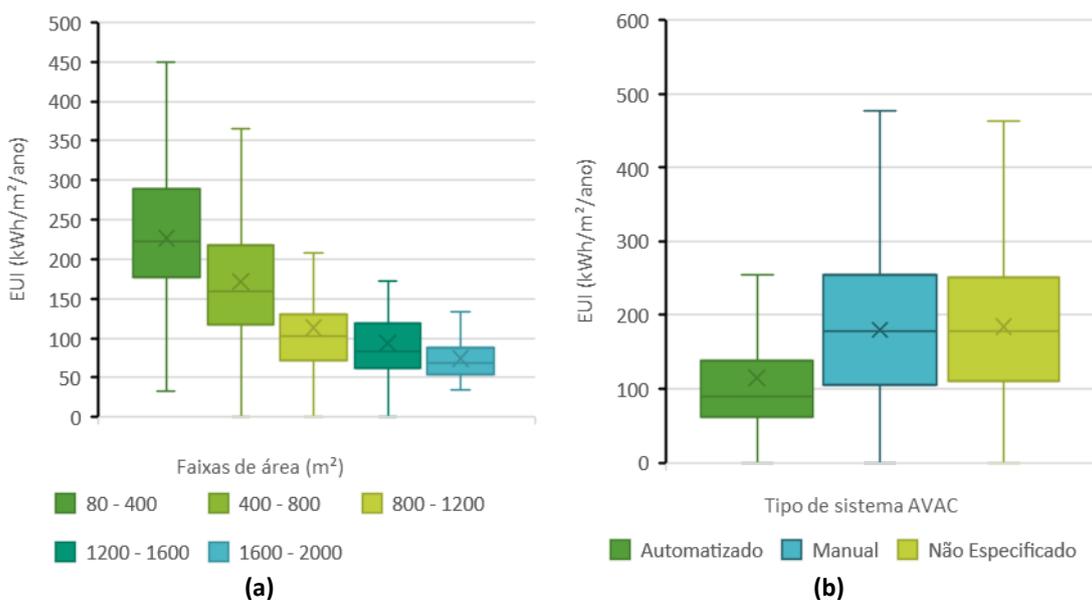
Com relação ao EUI, ressalta-se que este indicador foi determinado para a totalidade da amostra tratada (8.556 dados). O EUI médio foi de 225,79 kWh/m<sup>2</sup>/ano e a mediana 195,42 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com um desvio padrão de 167,36 kWh/m<sup>2</sup>/ano, conforme apresentado na Figura 9.



**Figura 9 – Histograma da variável EUI**

A Figura 10 apresenta uma análise da distribuição desta variável juntamente com diagrama de caixas em função da área e do tipo de sistema de condicionamento de ar (AVAC). A grande parte dos dados está centrada em consumo de 150-175 kWh/m<sup>2</sup>/ano, entretanto, há uma parcela que possuem consumos maiores que 500 kWh/m<sup>2</sup>/ano, o que provavelmente representa grandes *datacenters* ou CPDs dedicados.

Verificou-se que a variável EUI não possui uma distribuição normal, a partir do teste de Anderson-Darling a 95% de confiança, o qual resultou em um valor de probabilidade de  $2 \times 10^{-6}$  (rejeitando-se a hipótese da normalidade). Porém, é possível observar que a variável segue uma distribuição que se assemelha à log-normal.

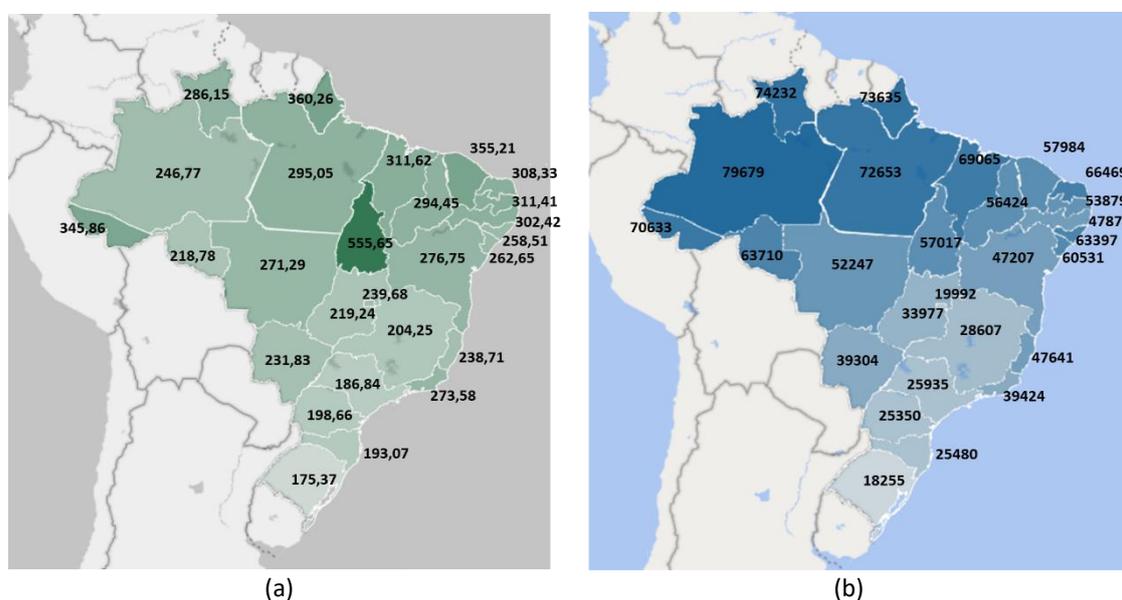


**Figura 10 – Análise da variável EUI, onde (a) é a distribuição por faixa de área e (b) é a distribuição por tipo de sistema de condicionamento de ar**

A Figura 10.a demonstra que edificações com menores áreas tendem a ter um desempenho energético menor (maior EUI). Uma das variáveis que justifica tal comportamento é a hipótese que maiores edificações possuam um sistema de ar condicionado mais eficiente e automatizado. Tal hipótese é corroborada pela Figura 10.b, que acrescenta a informação de que sistemas de condicionamento de ar automatizados tem um EUI médio menor (118 kWh/m<sup>2</sup>/ano) que os demais sistemas com funcionamento manual (189 kWh/m<sup>2</sup>/ano). Desta forma, é indispensável compreender o impacto do clima no consumo do sistema de condicionamento de ar das edificações desta tipologia.

O Grau-Hora de Resfriamento (GHR) é um indicador utilizado para caracterizar a relação da necessidade de resfriamento do ambiente interno com as condições médias climáticas de uma região, de forma simplificada. Este indicador é obtido por meio da somatória total anual da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base - adotada 15°C.

A Figura 11 ilustra a média de GRH em cada estado do Brasil e associa a média de EUI das edificações do estoque analisado.



**Figura 11 – Comparação entre (a) Média de EUI da amostra e (b) Média de GHR, por estado da federação brasileira**

A Figura 11 indica que há relação entre o GHR e o EUI médio, não tão evidente, mas que pode significar que o uso dos equipamentos de condicionamento de ar é influenciado diretamente pelas condições climáticas.

De modo geral, para ilustrar a relação entre as variáveis disponíveis na amostra selecionada, a Figura 12 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis. É importante elucidar que a correlação mede o grau de associação entre variáveis, variando de -1 a 1. Valores próximos a zero indicam não-correlação, valores entre 0,7 e 1,0 indicam correlação forte e valores de -0,7 a -1,0 indicam correlação forte inversamente proporcional.

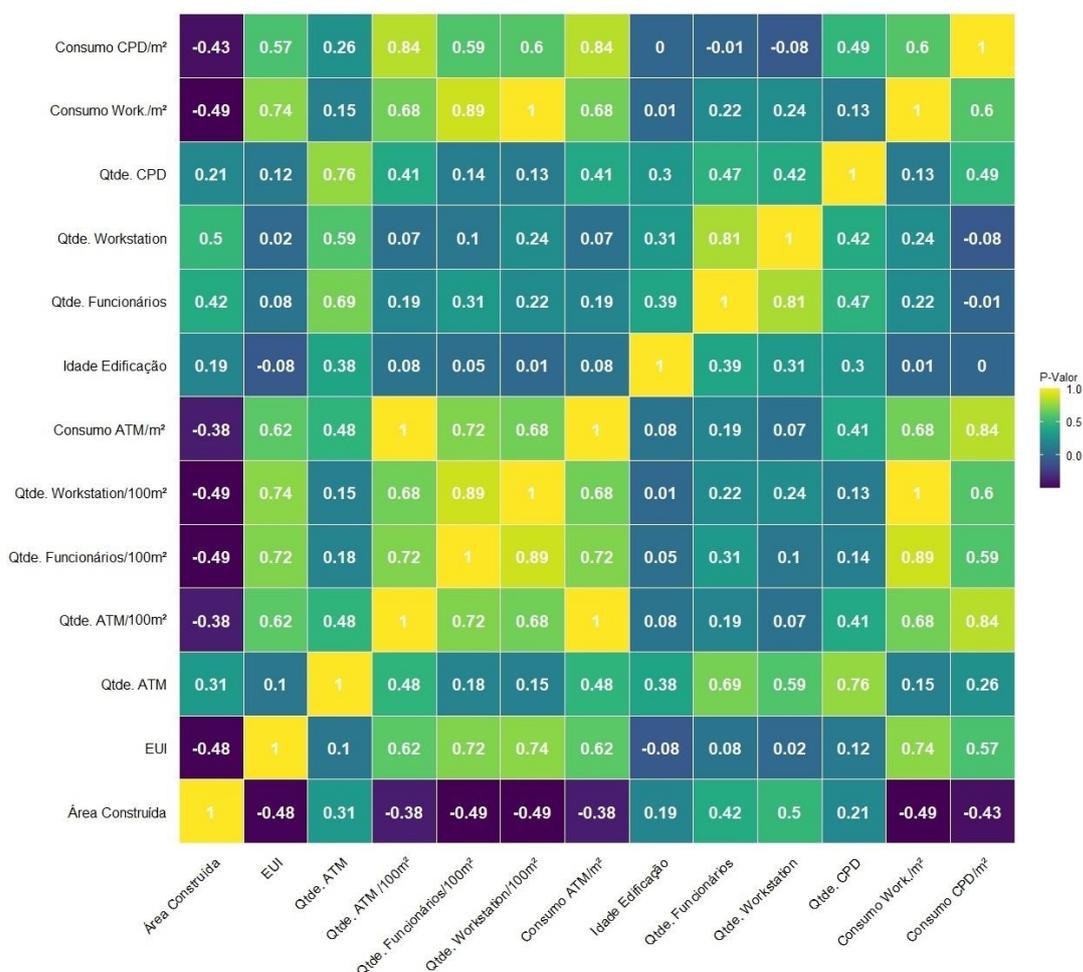


Figura 12 - Matriz de correlação das variáveis da amostra de agências bancárias.

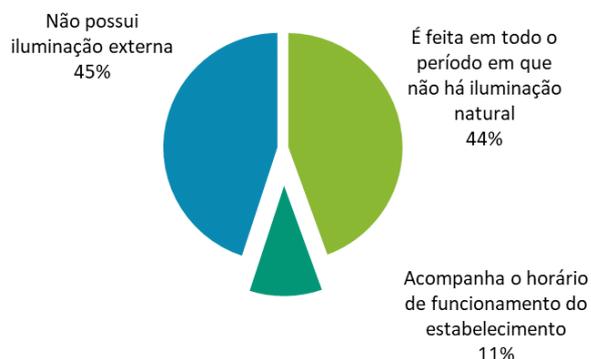
O consumo por workstation por metro quadrado e a quantidade de workstations por cem metros quadrados foram as variáveis que resultaram na correlação mais forte com o EUI [kWh/ano/m²], com coeficiente de 0,74. A variável quantidade de funcionários por cem metros quadrado, resultou em uma correlação igual a 0,72. Outras variáveis resultaram em correlação fraca com a variável EUI, tais como: consumo de ATM por metro quadrado (correlação de 0,62); quantidade de ATM por cem metro quadrado (correlação de 0,62) e o consumo de CPD por metro quadrado (correlação de 0,57). As variáveis que apresentaram menor correlação com o consumo anual das edificações foi idade da edificação (coeficiente de -0,008).

Todas as variáveis relacionadas às workstations e aos funcionários resultaram em correlações fortes. Por exemplo, a correlação entre quantidade de workstations a cada 100m² e quantidade de funcionários a cada 100 m² foi de 0,89. A Figura 12 denota também que há uma relação entre quantidades de funcionários e quantidade de ATM, com coeficiente de correlação de 0,69.

Ressalta-se aqui a forte correlação entre os equipamentos de ATMs e CPDs, expressados tanto pela forte correção entre quantidade desses equipamentos (0,76) quanto pela forte correlação entre o consumo desses equipamentos por área construída (0,84). Esta correlação é apoiada por entrevistas com funcionários que indicaram que a quantidade de CPDs depende diretamente da quantidade de ATM e workstations presentes na edificação.

## ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O padrão de uso da iluminação artificial para a tipologia de **Agência Bancária** foi caracterizado por meio do banco de dados do Projeto META, no qual há informações sobre o padrão de uso da iluminação artificial em relação à disponibilidade de luz natural externa (Figura 13).

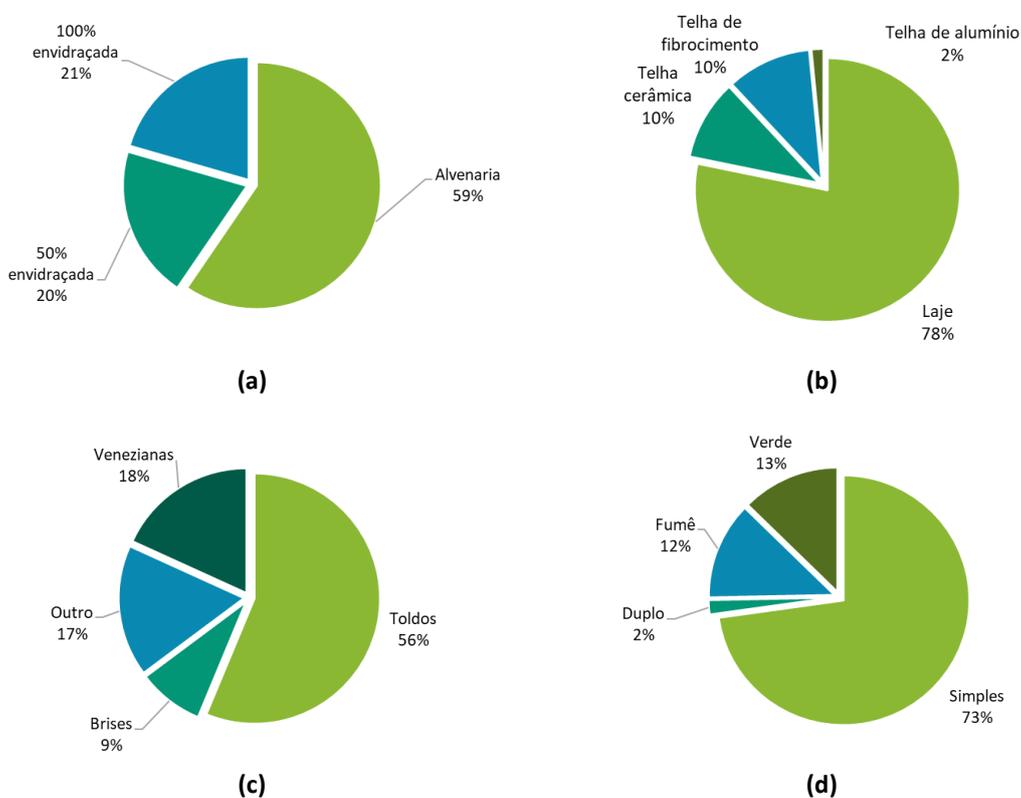


**Figura 13 – Padrão de aproveitamento da iluminação natural**

Percebe-se que parte das edificações que apresentaram essa informação reportou não ter acesso à iluminação natural (45%) e a outra parte revelou utilizar a iluminação artificial apenas quando não há a iluminação natural disponível (44%). No entanto, 11% utilizam a iluminação artificial durante todo o horário de funcionamento da edificação, o que indica que a iluminação se mantém acionada continuamente.

## CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

A Figura 14 apresenta as características construtivas típicas da tipologia de **Agência Bancária**.



**Figura 14 – Características construtivas típicas do estoque – Composição das (a) fachadas, (b) coberturas, (c) sombreamento das fachadas e (d) vidros externos**

As características construtivas das vedações externas (fachadas), coberturas, esquadrias externas (tipos de vidro) e sombreamentos constituem os elementos da envoltória, que é a interface entre o interior do ambiente construído com o exterior. As propriedades da envoltória são determinantes para o desempenho termo-lumínico-energético da edificação, pois são as propriedades térmicas que vão definir o fluxo de calor entre a edificação e o meio, e é o tamanho e translucidez do vidro que vão determinar a quantidade e a qualidade da iluminação natural que adentra o edifício.

Por meio da Figura 14, percebe-se que a maior parte das edificações tem fachada de alvenaria (59%), cobertura com laje (78%), possuem elementos de sombreamento do tipo toldos (56%) e as esquadrias com vidros simples incolor (73%).

## 4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

As cinco auditorias energéticas descritas a seguir foram realizadas a partir de visitas *in loco* em cinco edificações e obtidas por meio da avaliação dos projetos arquitetônicos, elétricos, de ar condicionados e luminotécnicos destas agências bancárias.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados principais das edificações analisadas.

**Tabela 3 – Dados principais das cinco agências bancárias auditadas**

Agência	A	B	C	D	E
<b>Município</b>	São José de Piranha	Guará	Francisco Santos	Farias Brito	São Luís Gonzaga do Maranhão
<b>Estado</b>	PB	DF	PI	CE	MA
<b>Pavimentos</b>	1	2	1	1	1
<b>Subsolos</b>	0	0	0	0	0
<b>Pé-Direito<sup>1</sup> [m]</b>	2,90	N/D	2,55	2,80	2,8
<b>Formato</b>	Retangular	Quadrada	Retangular	Retangular	Retangular
<b>Sombreamento</b>	Persianas	Persianas	Persianas	Persianas	Persianas
<b>Perfil de ocupação<sup>2</sup></b>	Mono-usuário	Mono-usuário	Monou-suário	Mono-usuário	Mono-usuário
<b>Turnos</b>	Manhã/ Tarde/Noite	Manhã/ Tarde/Noite	Manhã/ Tarde/Noite	Manhã/ Tarde/Noite	Manhã/ Tarde/Noite
<b>Área construída [m<sup>2</sup>]</b>	455,62	1450	222,98	297,02	214,86
<b>Área Útil<sup>3</sup> [m<sup>2</sup>]</b>	246,51	N/D	115,2	283	204
<b>Área Privativa<sup>4</sup> [m<sup>2</sup>]</b>	47,88	N/D	11,52	55,49	46,54
<b>Área Comum<sup>5</sup> [m<sup>2</sup>]</b>	198,63	N/D	103,68	227,78	157,73
<b>Taxa de Ocupação<sup>6</sup></b>	64%	N/D	54%	45%	60%
<b>EUI real (kWh/m<sup>2</sup>/ano)</b>	87,4	212,7	52,9	60,3	103,8

<sup>1</sup> Medida de Piso a forro;

<sup>2</sup> Monouusuário - Único Locatário; Multiusuário - Diversos Locatários; Individual - Edifício único; Coletivo - Edifícios Corporativos.

<sup>3</sup> Soma das áreas comuns e privativas, exclui áreas técnicas, garagens, jardim, depósitos e etc.

<sup>4</sup> Soma das áreas Privativas (Ex.: Quartos, Salas, Escritórios, etc.).

<sup>5</sup> Soma das áreas Comuns (Ex.: Corredores, Hall, Academia, Quadra, Piscina e etc.).

<sup>6</sup> Relação entre a área efetivamente ocupada por clientes e funcionários e a área total;

Nota: N/D = não disponível.

Nota-se que o EUI real - isto é, o que foi realmente medido – das edificações auditadas variou de 52,9 a 212,7 kWh/m<sup>2</sup>/ano. O EUI médio foi de 103,5 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Este valor contrastou com o EUI médio identificado na análise do estoque, de 225,79 kWh/m<sup>2</sup>/ano, apresentando uma diferença de 54% a menos. Apesar da diferença entre as médias, percebe-se pelo histograma do banco de dados do estoque, que cerca de 48% das edificações apresentaram consumos entre 50 e 200 kWh/m<sup>2</sup>/ano, ou seja, a faixa de consumos que as edificações auditadas se encontram.

A Tabela 4 apresenta a síntese dos principais sistemas presentes nas edificações auditadas. É importante enfatizar que os projetos compartilhavam características similares e que aqui descreve-se a percepção média destes sistemas.

**Tabela 4 – Caracterização dos sistemas das edificações auditadas**

SISTEMAS	CARACTERÍSTICAS
<b>Fornecimento de energia</b>	Rede aérea de baixa tensão, subgrupo B3, modalidade tarifária convencional, demanda instalada média 90 kVA (equivalente a 67% das agências do banco de dados geral)
<b>AVAC</b>	Sistema central para as áreas comuns (atendimento ao público: hall, espera, atendimento, etc.), grande parte é composta por sistema <i>self-contained</i> ; áreas de autoatendimento com sistema central <i>self-contained</i> dedicado nesta área e na área de manutenção de ATMs (atrás dos mesmos); salas de servidores e sistemas de segurança com sistema <i>split</i> unitário.
<b>Iluminação</b>	Luminárias com duas lâmpadas tubulares LED (39,6 W / luminária); Lâmpadas compactas LED de 9W; Luminárias plafon de embutir LED de 18W; Refletores LED de 100W nas calçadas e letreiros. DPI média de 12,9 W/m <sup>2</sup> .
<b>Aquecimento de água</b>	Não observado.
<b>Cargas de tomadas</b>	Um funcionário por <i>workstation</i> ; áreas comuns com televisores, bebedouros e antenas antifurto; copas com geladeira, micro-ondas, cafeteira e fogão.
<b>Cargas específicas</b>	Caixas eletrônicos (ATMs) com potência de 250W/ATM. Média de 5 ATMs por edificação; Totem de autoatendimento com potência de 150W; Antena antifurto com potência de 15W.
<b>CPDs</b>	Presença de equipamentos de processamentos de dados e <i>racks</i> com potências menores e de <i>nobreaks</i> com fonte de alimentação ininterrupta – UPS.
<b>Gerador</b>	Não Informado

Quatro das cinco agências analisadas têm formato retangular, pé-direito médio de 2,76m e perfil de ocupação monousuário. Comparando-se com o banco de dados do estoque, 98,37% das edificações apresentam essas características de maneira similares.

Dentre as edificações auditadas, a área construída média é de 528,09 m<sup>2</sup>. Quatro edifícios auditados estão na faixa 200-700 m<sup>2</sup> de área construída, correspondendo a cerca de 52,67% da amostra das agências do banco de dados do estoque. Uma das agências bancárias apresenta arquitetura distinta das demais, com 1.450 m<sup>2</sup> de área construída, dois pavimentos e formato quadrado.

De modo geral, as agências apresentam partido arquitetônico similar, com espaços funcionais parecidos, como: áreas comuns (hall de acesso, área para autoatendimento, atendimento de caixa); áreas privativas

(tesouraria, sala online - CPDs, atendimento pessoal, banheiros); e áreas técnicas (manutenção, almoxarifado, gerador, cabines primárias, jardins, depósitos e áreas correlatas).

A

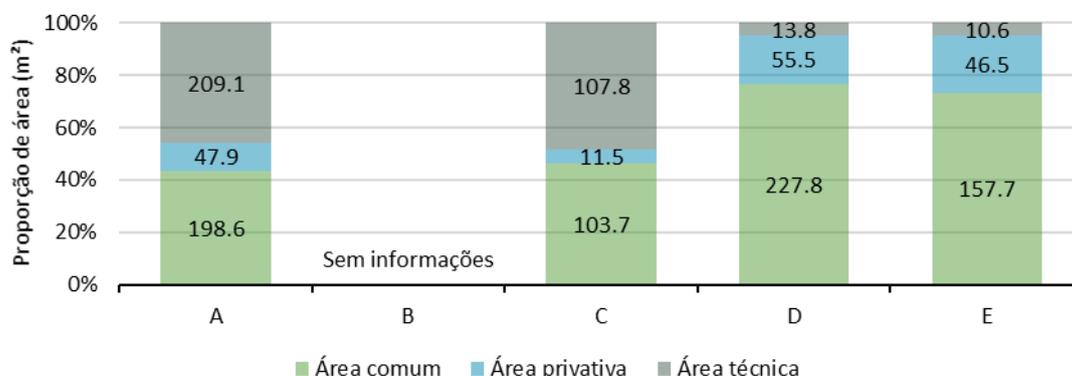


Figura 15 apresenta a proporção das áreas comuns, privativas e técnicas de cada edificação auditada. Percebe-se que as áreas comuns constituem grande parte em todas as edificações. Comparando-se com o banco de dados do estoque de edificações, 60,05% das edificações do estoque possuem área comum próximo à da média de área comum das edificações auditadas, 25,95% possuem área técnica próximas à média da técnica das edificações auditadas e 14% possuem área privativas próximas à média da área privativa da amostra.

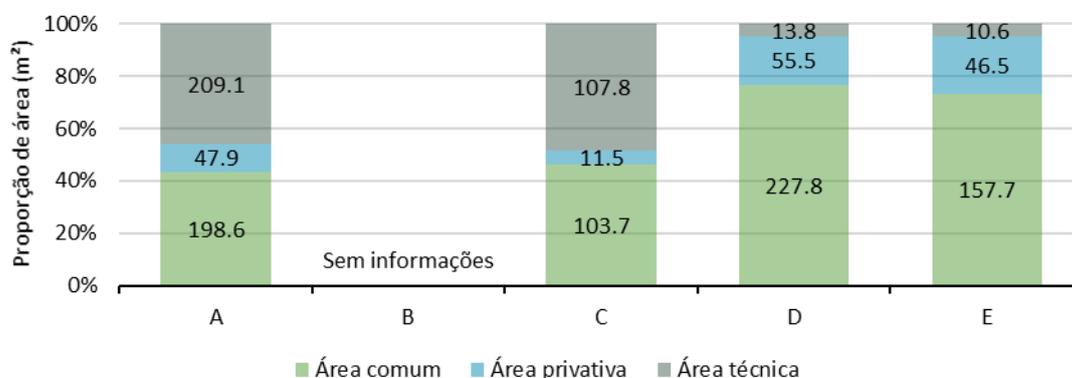
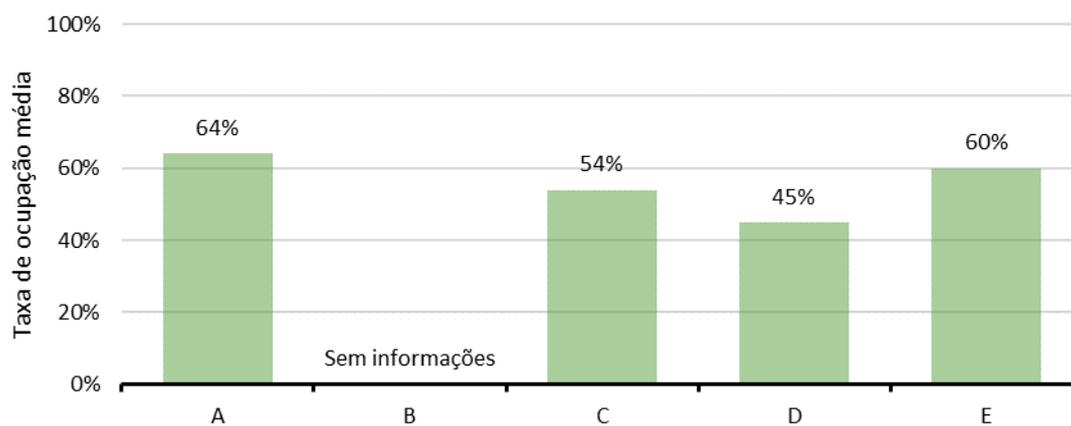


Figura 15 - Resumo das áreas das edificações auditadas

## OCUPAÇÃO

As cinco agências analisadas na tipologia de **Agência Bancária** têm horário de funcionamento nos períodos da manhã e da tarde para atendimento (10h às 16h) e áreas de autoatendimento durante a manhã, tarde e noite (8h às 22h).

Não foram disponibilizadas informações de número de funcionários ou número de atendimentos nas auditorias energéticas. A relação entre área total e áreas efetivamente ocupadas por clientes e funcionários das edificações auditadas variou de 45% a 64% (Figura 16).



**Figura 16 – Relação entre área ocupada e área total das edificações auditadas**

### CARGAS ESPECIAIS (ATMs E CPDs)

Para a tipologia de **Agência Bancária**, a

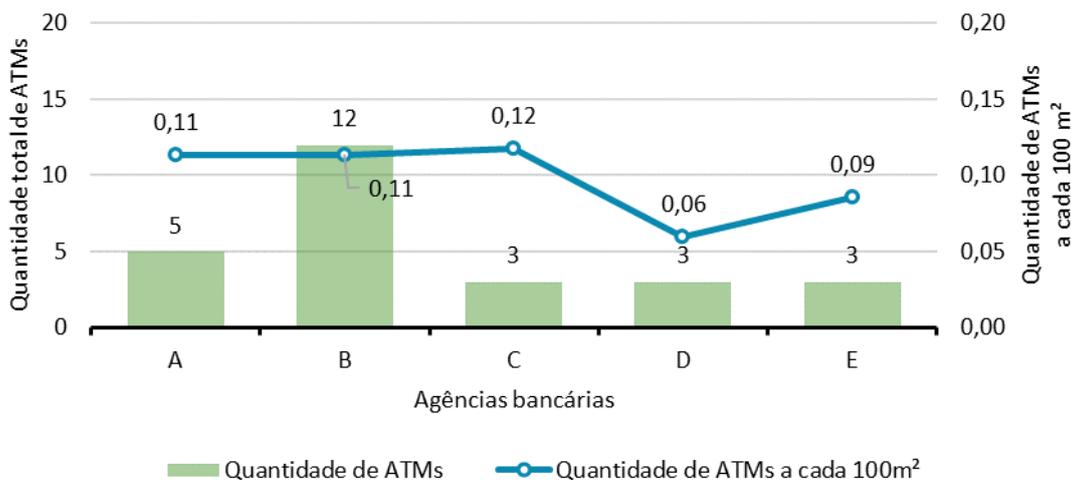
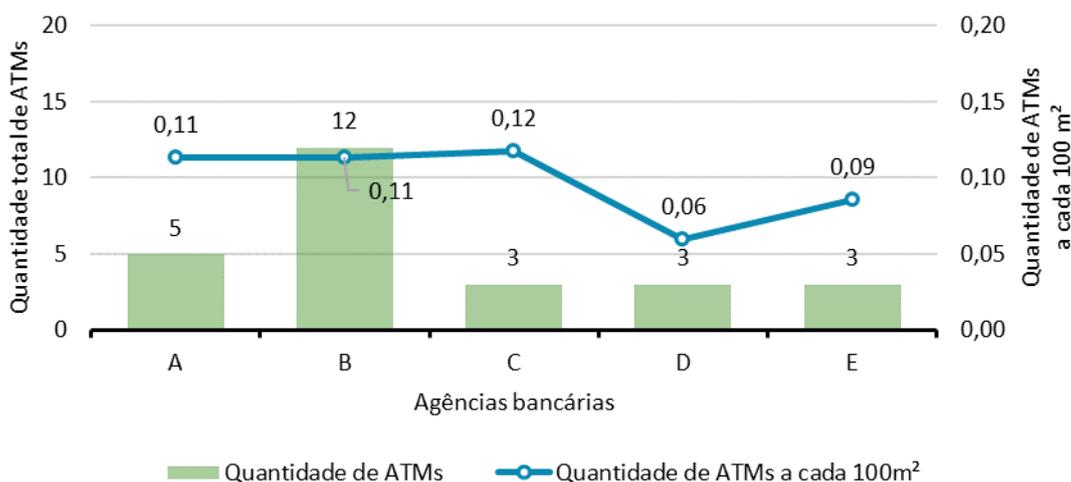


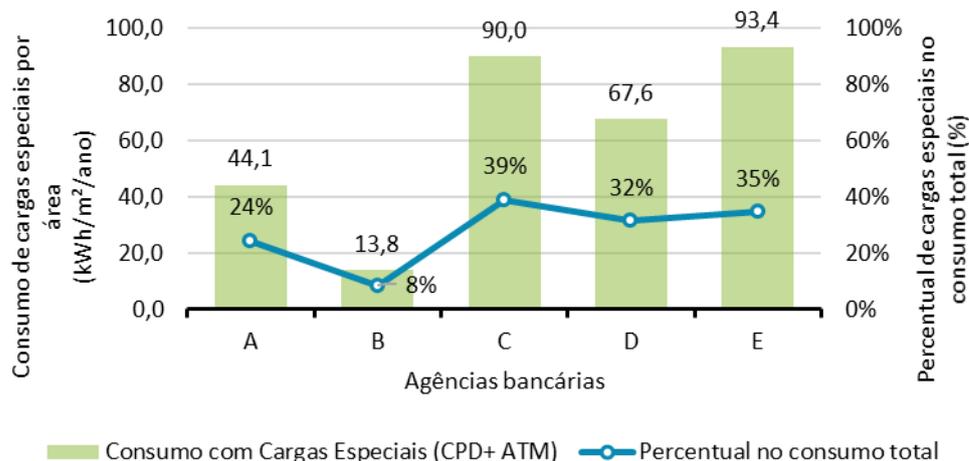
Figura 17 apresenta a quantidade total de ATMs e a sua quantidade a cada 100 m<sup>2</sup> para as edificações auditadas. Pode-se observar que a média de ATMs foi de 5 unidades por edificação. Esta média é similar aos valores encontrados na análise do estoque (média de 7 unidades e mediana de 5 unidades).

Dentre outros equipamentos encontrados nas auditorias energéticas nas agências bancárias, destacam-se: *workstations* (diversas áreas), impressoras (diversas áreas), televisores (hall de espera), bebedouros (hall), totens de autoatendimento (hall), antena antifurto (hall), geladeira (cozinha), aparelho micro-ondas (cozinha), fogão (cozinha) e cafeteira (cozinha) e estes consumos são considerados no item Cargas de Tomada na sequência deste relatório.



**Figura 17 – Quantidade de ATMs das edificações auditadas**

Além disso, as auditorias energéticas evidenciaram o uso de equipamentos de CPDs designados à comunicação interna das agências bancárias e à operação *online* dos ATMs. Foi observada a existência de 3 racks de 200 W em cada edificação auditada. A Figura 18 apresenta o consumo dos equipamentos de cargas especiais e seus percentuais em relação ao consumo total das edificações auditadas.



**Figura 18 – Proporção do consumo dos equipamentos de cargas especiais em relação ao consumo total nas edificações auditadas**

Percebe-se que há variação desse tipo de consumo entre as edificações. O percentual do consumo pelos equipamentos da CPD e ATMs variou de 8% a 39% em relação ao consumo total das edificações, representando uma média de 61,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano desse uso final no consumo de energia estimado para a tipologia de **Agência Bancária**.

#### CONDICIONAMENTO DE AR

Em termos de equipamentos de condicionamento de ar para a tipologia de **Agência Bancária**, verifica-se que as áreas de autoatendimento possuem densidade de refrigeração média de 1.576 BTU/h/m<sup>2</sup>. As salas *online* - CPDs, devido à alta densidade de equipamentos, apresentaram uma densidade de refrigeração média maior, de 3.325 BTU/h/m<sup>2</sup>. A Tabela 5 apresenta a síntese da potência dos sistemas de condicionamento de ar para as edificações auditadas.

**Tabela 5 - Lista de equipamentos de condicionamento de ar das cinco agências auditadas**

Edifício	Tipo de equipamento	Ambiente	Potência instalada [BTU/h]
A	<i>Split Inverter</i>	- Área de manutenção de ATMs	9.000
	<i>Cassete Inverter</i>	- Área de autoatendimento	48.000
	<i>Self Contained</i>	- Sala online - CPDs - Área de manutenção de ATMs	90.000
B	<i>Split</i>	Sem informação	30.000 a 60.000
	<i>Ar condicionado Janela</i>	Sem informação	9.000
C	<i>Cassete Inverter</i>	- Área de autoatendimento - Demais áreas da edificação	47.000/24.000 19.000/19.000
	<i>Split Inverter</i>	- Sala online - CPDs	9.600/9.600
	<i>Split Inverter</i>	- Demais áreas da edificação	9.600
D	<i>Split Inverter</i>	- Sala online - CPDs	11.500
	<i>Self Contained</i>	- Área de autoatendimento - Área de manutenção de ATMs	90.000
	<i>Self Contained</i>	- Demais áreas da edificação	120.000
E	<i>Self Contained</i>	- Área de autoatendimento - Área de manutenção de ATMs	60.000/

<i>Self Contained</i>	- Sala online - CPDs - Demais áreas da edificação	120.000
<i>Split Inverter</i>	- Sala online - CPDs	11.500

A partir de uma abordagem de aproximação do consumo, baseado no método instituído pela **planilha de auditoria energética CBCS-DEO**, foram estimados os consumos de energia anuais com o sistema AVAC das edificações auditadas. Esta estimativa do consumo levou em consideração a potência de resfriamento dos aparelhos, seus coeficientes de *performance* e as horas de operação das edificações - considerando que o sistema opera sempre que há ocupação. A

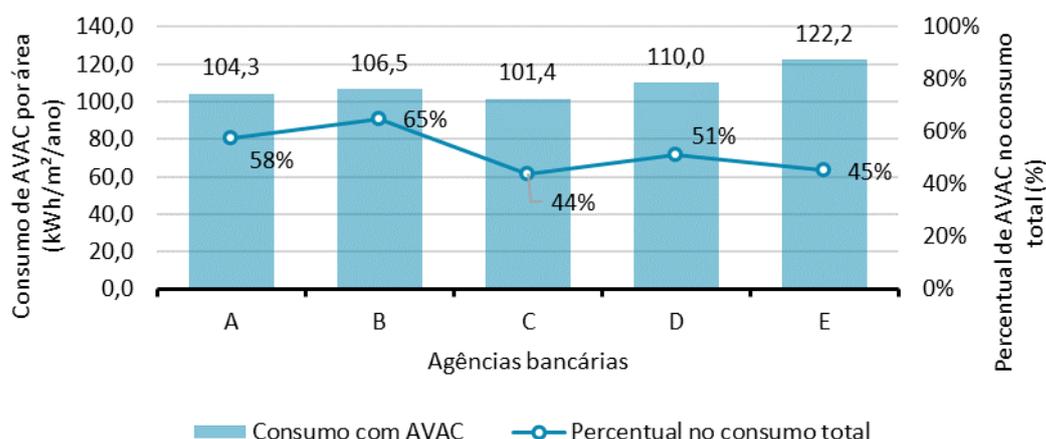
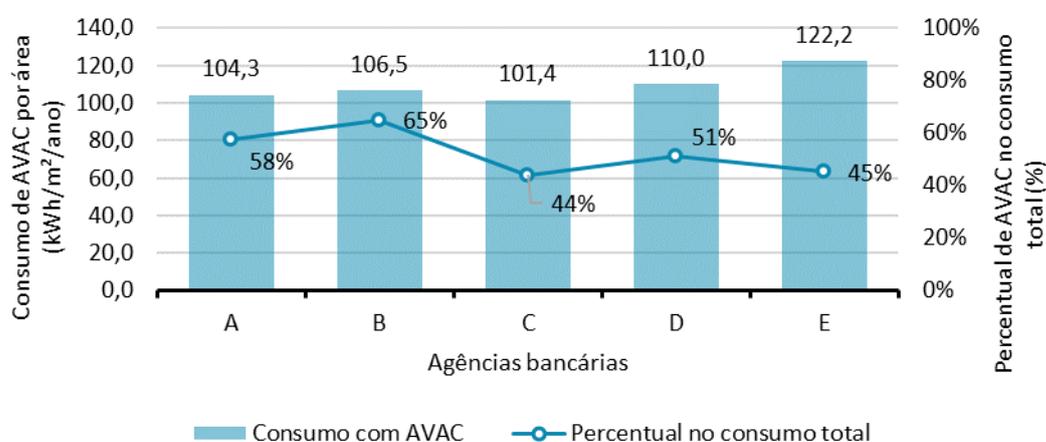


Figura 19 apresenta os resultados dessa estimativa e o quanto o consumo com o condicionamento de ar representa no consumo total de cada edificação.

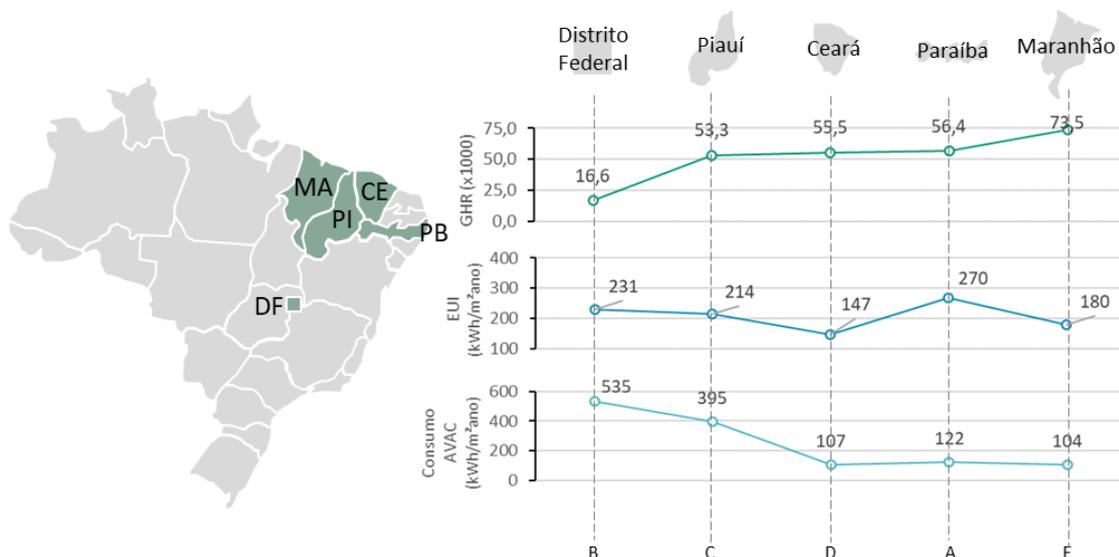


**Figura 19 - Proporção do consumo dos sistemas de condicionamento de ar em relação ao consumo total nas edificações auditadas**

Percebe-se que o condicionamento de ar é uma parcela expressiva no consumo total da edificação, variando de 44 a 65% nas edificações auditadas, com média de 52,6%. Também se percebe uma homogeneidade de consumo por sistemas de condicionamento de ar por área construída, apesar das diferentes condições climáticas em que se encontra cada edificação auditada.

As auditorias evidenciaram que é comum a presença de um sistema central de ar condicionado, do tipo *self-contained*. A agência bancária "C" possui um sistema de ar condicionado do tipo Split para a área de autoatendimento; entretanto, para áreas de atendimento ao cliente possui um sistema centralizado *self-contained*. A maioria das agências bancárias possuem sistemas individualizados *splits* dedicados às salas online onde estão as CPDs.

Como o consumo de energia com condicionamento de ar é intrinsecamente dependente do clima, é importante visualizar as características climáticas nas quais as edificações estão inseridas. A Figura 20 apresenta os GHR da região única em que estão as edificações auditadas, em conjunto com o EUI total da edificação e o consumo com equipamentos do sistema AVAC. Neste cenário, a análise não foi capaz de trazer maiores correlações.



**Figura 20 – Relação entre consumo do AVAC, EUI e temperaturas médias anuais das regiões onde estão inseridas as edificações auditadas**

**ILUMINAÇÃO**

Com relação ao sistema de iluminação da tipologia de **Agência Bancária**, verificou-se majoritariamente o uso de lâmpadas LED com dois diferentes tipos de luminárias: Plafon para lâmpadas compactas e luminárias para lâmpadas tubulares. A

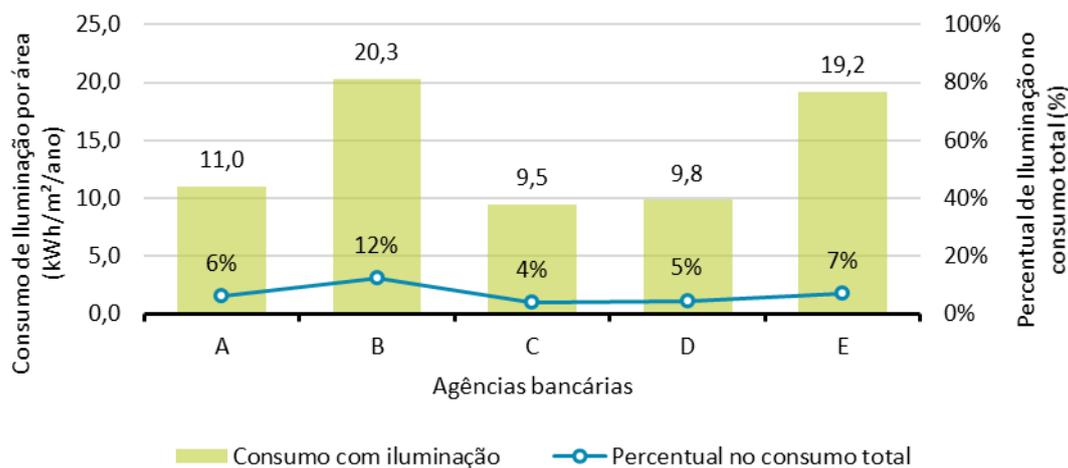


Figura 21 apresenta o consumo com iluminação e a proporção do seu respectivo consumo no consumo total das edificações auditadas.

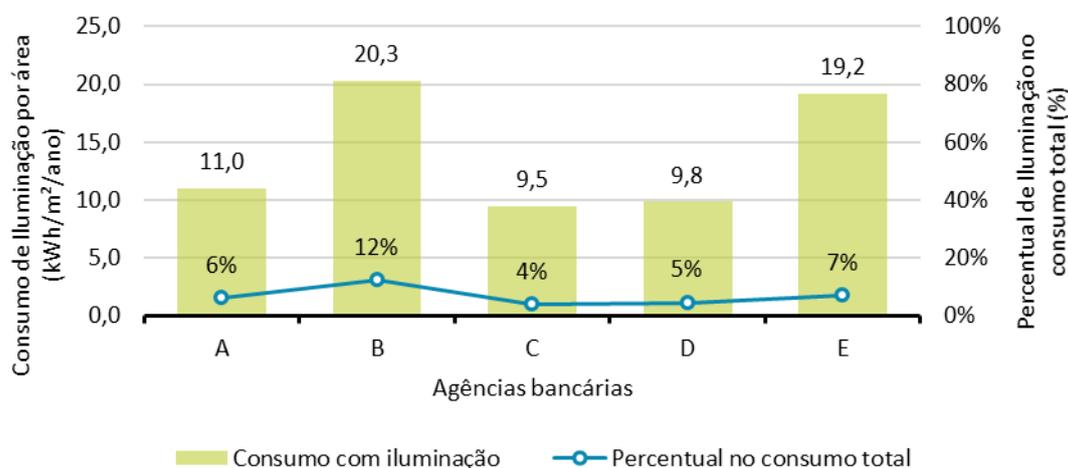


Figura 21 – Proporção do consumo de iluminação nas edificações auditadas

Apesar de haver variação considerável entre os consumos por área com iluminação, variando de 9.5 a 20.3 kWh/m²/ano, este uso final não se mostrou expressivo no consumo total da edificação como um todo, variando de 4 a 12% do consumo anual.

#### CARGAS DE TOMADA

Cargas de tomada na tipologia **Agência Bancária** constituem um uso final importante com relação ao uso de energia em edificações. No caso das edificações auditadas, estimou-se o consumo com cargas de tomada com base na quantidade de equipamentos encontrados, como *workstations*, *impressoras*, *totens*, *televisores*, *micro-ondas*, *entre outros*, que foram registrados no levantamento de dados. A

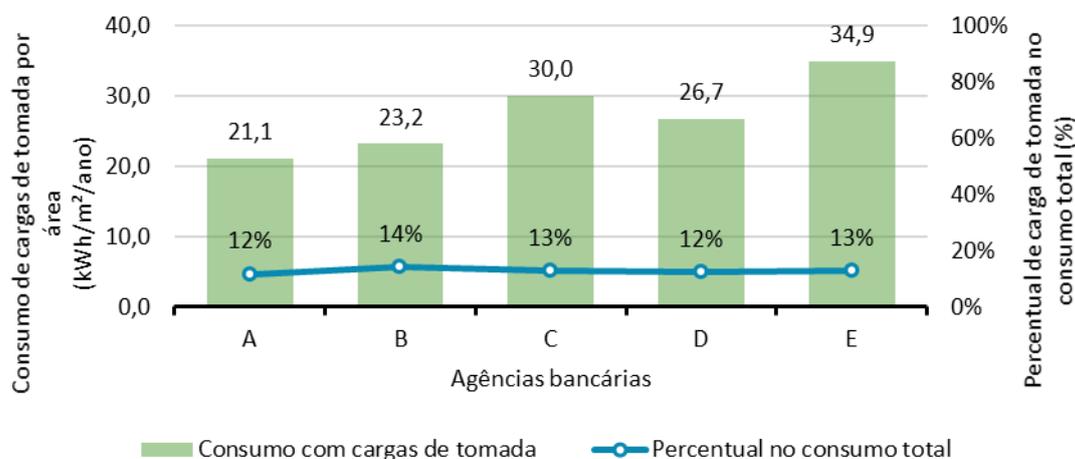
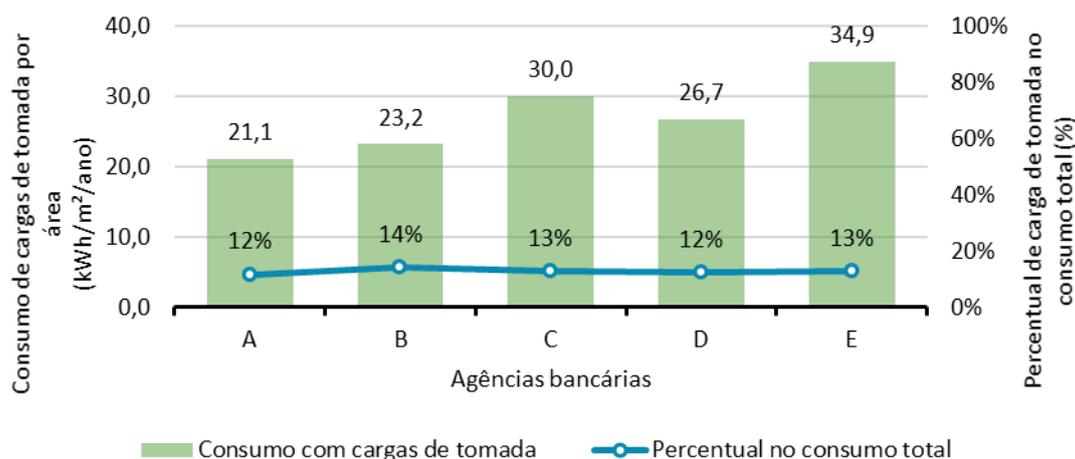


Figura 22 apresenta o consumo com cargas de tomada e a proporção desse uso final no consumo total de cada edificação.

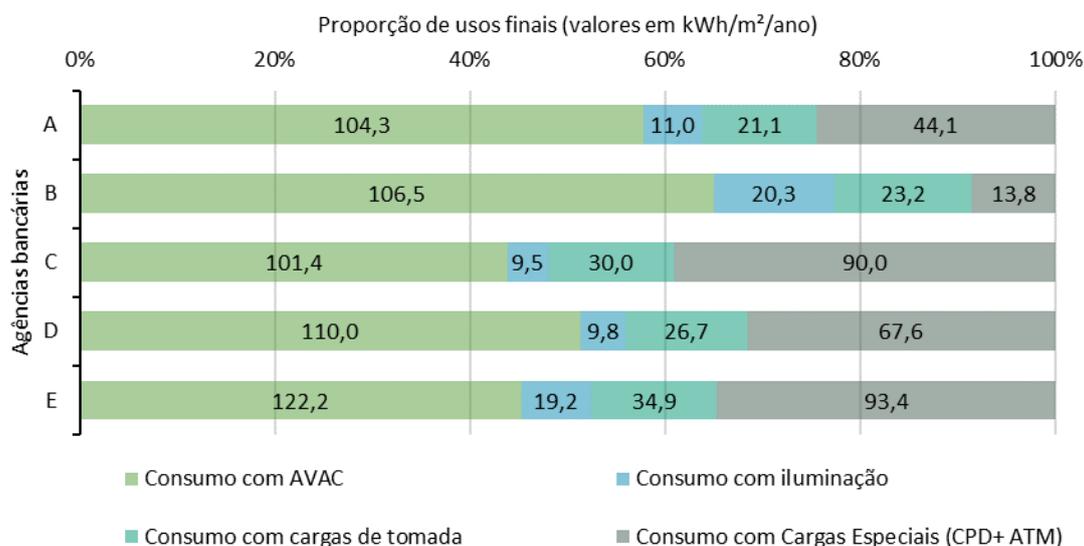


**Figura 22 – Proporção do consumo de energia para cargas de tomada para as edificações auditadas**

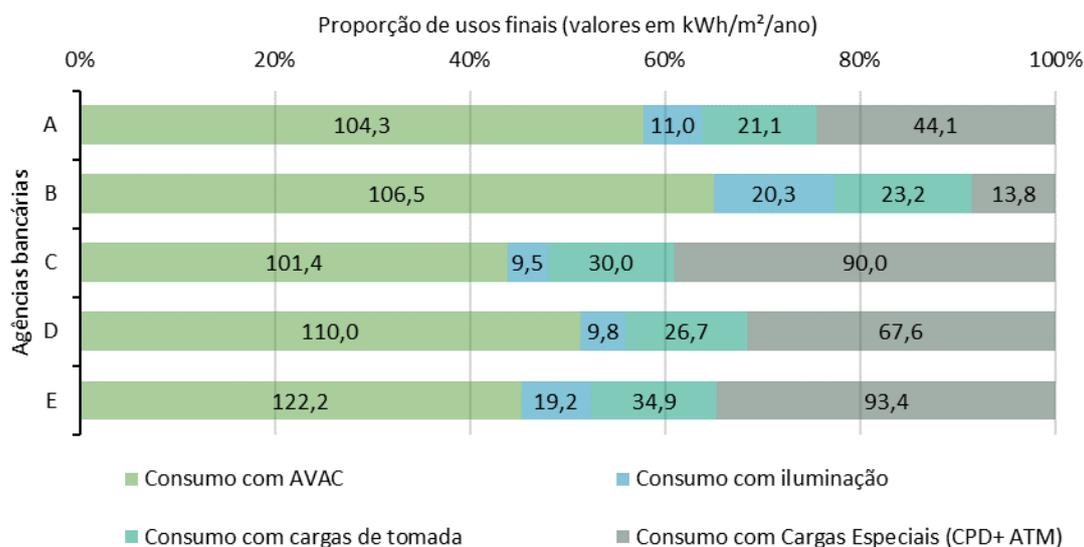
É possível perceber que a proporção das cargas de tomada no consumo total da edificação não apresentou variação significativa entre edificações. Em média, pode-se dizer que as cargas de tomada representam cerca de 13% do consumo total anual de uma agência bancária. No entanto, percebe-se uma variação entre o consumo por cargas de tomada por área construída.

**ANÁLISE DOS USOS FINAIS**

A



**Figura 23** apresenta a síntese dos consumos anuais por área construída dos principais sistemas das edificações da tipologia de **Agência Bancária** auditadas e calculados por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO.



**Figura 23 – Proporção e valores dos usos finais por área construída das edificações auditadas**

É possível perceber que o consumo com sistemas de condicionamento de ar é o uso final com maior proporção em relação aos demais em todas as edificações. Em média, este uso final correspondeu cerca de 52% do consumo total (cerca de 108,89 kWh/m<sup>2</sup>/ano). Na sequência, as cargas especiais (CPD e ATMs) também foram identificadas como relevantes no consumo das edificações, consumindo em média de 61,78 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Os demais usos finais apresentaram baixa representatividade no consumo, como os equipamentos de carga de tomada (média de 27,20 kWh/m<sup>2</sup>/ano) e o sistema de iluminação (média de 13,98 kWh/m<sup>2</sup>/ano).

## 5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS

### VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E VARIÁVEIS RELEVANTES

O arquétipo desenvolvido e detalhado no relatório RT2B.01, adotado nas simulações para determinação dos *benchmarks* desta tipologia, foi confrontado com os resultados desta análise do estoque e das auditorias energéticas.

A Tabela 6 apresenta a comparação desses dados e os valores adotados para o arquétipo desta tipologia.

**Tabela 6 -Resumo dos principais dados construtivos**

Dados	Análise do estoque	Auditorias	Arquétipo CBCS
Pavimentos	1 e 2	1 e 2	2
Subsolos	-	0	0
Pé-Direito[m]	-	2,76*	3,2**
Formato	-	Retangular	Retangular
Sombreamento	Toldos	Persianas internas	Sem Sombreamento
Perfil de Ocupação	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Turnos	Manhã/Tarde	Manhã/Tarde	Manhã/Tarde
Área Construída [m <sup>2</sup> ]	Média=656,9	528,09	600,00
	Mediana=568		
Área Privativa [%]	32%	14,00%	24%
Área Comum [%]	53%	60,05%	71,67%
Área Técnica [%]	15%	25,95%	4,33%
Quantidade Funcionários	Média = 16 Mediana = 18	-	6 (caixas) e 6 (administrativo)
Atendimento Caixa [pessoas/dia]	250 (ref. bibliográfica)	-	100 (caixa) e 200 (ATM)
Atendimento Negocial [pessoas/dia]	80 (ref. bibliográfica)	-	-

\* Medida de piso a forro;

\*\*Medida de piso a piso.

O modelo do arquétipo do CBCS foi constituído por uma edificação monousuário de dois pavimentos, dimensões 20 m x 15 m cada pavimento, área total de 600m<sup>2</sup> e com grande parcela da edificação dedicada à área comum. A composição da planta do arquétipo teve como referência as cinco auditorias energéticas, as quais apontam uma área média construída de 528,09 m<sup>2</sup>, contendo maior parte designada à área comum da edificação (60,05%) e seis zonas térmicas.

A volumetria da edificação foi considerada retangular, de acordo com os resultados das auditorias e da análise de banco de dados. Quanto ao pé direito, nota-se que o valor médio observado nas auditorias foi de 2,76m, medidos do piso ao forro. Dessa forma, como a simulação energética considera uma modelagem de construção entre pisos, adotou-se um pé-direito de 3,20 m para contemplar a medida até o forro, acrescido por 24 cm do forro até à laje, e acrescido de 20 cm de espessura da própria laje.

O arquétipo proposto optou por desconsiderar elementos de sombreamento não fixos, como toldos e persianas internas, pois são suscetíveis a interação dos ocupantes.

As cargas especiais específicas consideradas no arquétipo foram: uma estação de trabalho por funcionário (com 150W por equipamento), um totem na entrada da agência (com 300 W) e uma CPD (com densidade de potência de 756 W/m<sup>2</sup>).

A ocupação foi obtida apenas na análise do estoque, não estando disponível nas auditorias energéticas. A quantidade de funcionários adotada no arquétipo foi de 12 funcionários, um pouco menor que a média de 18 funcionários para agências bancárias entre 400 m<sup>2</sup> a 800 m<sup>2</sup> (faixa do arquétipo). Também foi considerada uma quantidade menor de clientes daquela indicada na bibliografia (250 clientes nos caixas e de 80 clientes em atendimento negocial), tendo sido considerados 100 clientes nos caixas e 200 clientes nos ATMs .

Considerou-se como parâmetros variáveis na composição dos cenários de simulação do modelo:

- **Iluminação:** um cenário com Densidade de Potência de Iluminação (DPI) média de 10,00 W/m<sup>2</sup> e outro cenário com DPI média de 23,84 W/m<sup>2</sup>;
- **Entorno:** um cenário 1 com edificação exposta e outro cenário com edificação adiabática e apenas fachada principal exposta;
- **Orientação solar:** quatro cenários com respectivas fachadas principais uma voltada a Norte, outra voltada a Oeste, outra voltada a Sul e outra voltada a Leste;
- **Envoltória:** um cenário considerando paredes, coberturas e cores menos eficientes ( $U_{parede} = 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_{cobertura} = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  e absorvância 0,7) e outro cenário considerando paredes, coberturas e cores mais eficientes ( $U_{parede} = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $U_{cobertura} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  e absorvância 0,3);
- **Tipo de vidro:** um cenário com vidro de controle solar ( $U_{vidro} = 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , fator solar de 0,3 e TL 0,4) e outro cenário com vidro simples ( $U_{vidro} = 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , fator solar de 0,7 e TL 0,6);
- **Renovação de ar:** um cenário com renovação de ar e outro cenário sem renovação de ar;
- **Tipo de sistema AVAC:** um cenário com sistema tipo Splitão para a área comum da agência e outro cenário com sistema VRF para a mesma área da agência.

## COMPARAÇÃO DO CONSUMO REAL COM OS CONSUMOS ESTIMADOS

A comparação do consumo real com as estimativas é uma etapa importante de validação dos métodos utilizados para estimativa do consumo de energia em edificações.

O método de estimativa de consumo energético proposto pela **planilha CBCS-DEO** leva em consideração as potências, a operação e o fator de uso de cada equipamento presente na edificação. Já a estimativa pela equação de *benchmark* é obtida por meio da aplicação de regressão múltipla, calculada a partir dos resultados das simulações realizadas sobre o arquétipo embasado nas auditorias e análises do estoque detalhados no presente relatório. Duas equações foram desenvolvidas: uma para edificações em cidades com mais de 54mil GHR ao ano e outra para edificações em cidades com menos de 54 mil GHR ao ano.

Assim, a estimativa do consumo de energia anual também foi calculada, por meio da inserção das informações obtidas nas auditorias realizadas na respectiva equação de *benchmark* desenvolvida para a tipologia de **Agência Bancária**, detalhada no relatório **RT2B.01**, a qual considera as seguintes variáveis independentes:

- a) GHR – Graus-hora de resfriamento da cidade onde se localiza a edificação;
- b) GDA – Graus-dia de aquecimento da cidade onde se localiza a edificação;
- c) AVAC – Tipo de sistema de condicionamento de ar (1 – VRF, 2 – Splitão);

- d) ILUM – Densidade de potência de iluminação instalada (W/m<sup>2</sup>);
- e) ENTO – Condição de entorno (1 – edificação exposta, 2 – edificação adiabática, apenas fachada principal exposta);
- f) ENVO – Transmitância térmica das paredes externas (W/m<sup>2</sup>.K);
- g) RENO – Renovação de ar (0 – não tem, 1 – renovação conforme NBR 16401-3, nível 3);
- h) Número de ATMs

As edificações “A”, “B”, “D” e “E” foram inseridas na equação para cidades com GHR acima de 54 mil ao ano e a edificação “C” foi inserida na equação para cidades com GHR abaixo de 54 mil ao ano.

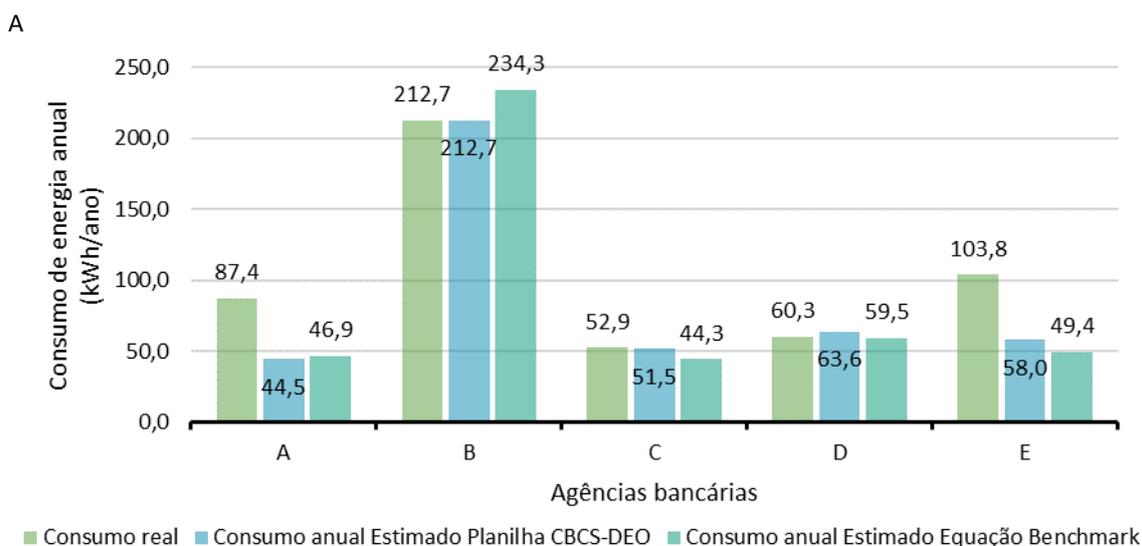
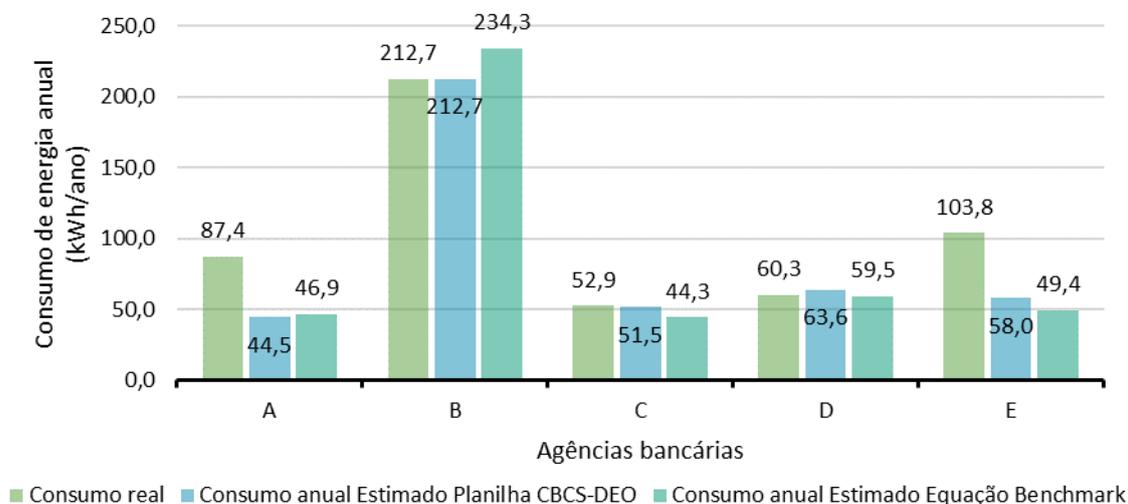


Figura 24 apresenta a comparação do consumo real das edificações auditadas em relação às estimativas calculadas por meio da **planilha de auditoria energética CBCS-DEO** e da equação de *benchmark* desta tipologia.



**Figura 24 – Comparação do consumo real e consumos estimados pela planilha CBCS-DEO e pela equação de benchmark desta tipologia**

De maneira geral, é possível visualizar que as estimativas se aproximaram do consumo real. Percebe-se que a diferença relativa entre o consumo de energia estimado pela planilha CBCS-DEO e o consumo real varia de -5% a 49%. De fato, há uma incerteza inerente do processo de estimativa, que pode acarretar variações expressivas que podem ser por diferenças em operação, variabilidade climática, equipamentos em manutenção ou outros fatores desconhecidos.

Em relação à comparação da estimativa de equação de *benchmark* com o consumo real, também são percebidas variações, similares em todos os casos. As edificações A e E foram as que apresentaram maiores diferenças entre o consumo real e o consumo estimado pelas equações, resultando em diferenças de 86% e 110%.

De fato, espera-se variações desse tipo<sup>1</sup> quando estimativas são feitas em sistemas simulados de edificações – especialmente quando decorrem do uso de energia para condicionamento de ambientes. Esse tipo de variação é denominado pela literatura internacional de *energy performance gap*<sup>2</sup>, e vem sendo cada vez mais explorado para identificar suas causas e procurar formas de mitigação. Atualmente, sabe-se que as principais causas do *energy performance gap* são as variações de operação causadas pelo usuário e variações climáticas que são imprevisíveis a longo prazo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Agência Bancária** a partir da análise de dados do estoque de edificações (com 8.556 dados de consumo e área e 2.389 dados completos e tratados), e da análise de auditorias energéticas realizadas em cinco edificações em cinco diferentes Estados.

A análise do estoque e a síntese dos resultados das auditorias energéticas realizadas serviram para caracterizar uma amostra de edificações desta tipologia, identificando os principais usos finais de energia em cada edificação e as suas proporções em relação aos consumos totais anuais.

A partir de extensiva análise das características contidas nestas bases de dados, foram identificados os aspectos predominantes pertinentes a esta tipologia, relacionados a características construtivas, ocupação, cargas especiais, sistema de condicionamento de ar, iluminação e cargas de tomada.

O processo de validação comparou estas características e os resultados das auditorias, confrontando os valores de consumo real com os valores estimados, tanto pelo método de estimativa da planilha de auditoria energética CBCS-DEO quanto pela equação de *benchmark* desenvolvida.

A comparação dos consumos estimados com o consumo real evidenciou que o método de estimativa da planilha CBCS-DEO proporciona resultados coerentes com a realidade encontrada nas edificações auditadas, uma vez que os valores de consumo estimados foram próximos dos valores de consumo reais. Igualmente a comparação destes consumos reais com a estimativa realizada pelas equações de *benchmark*. Duas das cinco edificações auditadas apresentaram valores de consumo real

<sup>1</sup> De Wilde, Pieter. 2014. "The Gap between Predicted and Measured Energy Performance of Buildings: A Framework for Investigation." *Automation in Construction* 41:40–49.

<sup>2</sup> Coleman, Sylvia and John B. Robinson. 2018. "Introducing the Qualitative Performance Gap: Stories about a Sustainable Building." *Building Research and Information* 46(5):485–500.

significativamente maiores em relação aos calculados tanto pela planilha de auditoria energética CBCS-DEO quanto pela aplicação das equações de benchmark.