



**CBCS**

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

## **RT2A.14: Relatório de Auditorias Energéticas - Tipologia de Posto de Saúde e Assistência Social**

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 Geraldi  
Roberto Lamberts  
Kleber Moura

**Coordenação Eletrobras/Procel:** Elisete Cunha

**Publicado em 11/03/2021**

**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 Posto de Saúde e Assistência Social.**

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA.....</b>	<b>2</b>
Método geral adotado para o convênio .....	3
<b>2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE.....</b>	<b>6</b>
Características gerais.....	7
Ocupação.....	8
Cargas especiais .....	10
Intensidade de Uso de Energia (EUI).....	10
Iluminação artificial.....	11
Características construtivas .....	12
<b>4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS .....</b>	<b>13</b>
Características gerais.....	13
Ocupação.....	15
Cargas especiais .....	15
Condicionamento de ar.....	16
Iluminação.....	17
Cargas de tomada.....	17
Análise dos usos finais.....	18
<b>5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS .....</b>	<b>20</b>
Validação do arquétipo e variáveis relevantes .....	20
Comparação do consumo real com os consumos estimados .....	21
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</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.

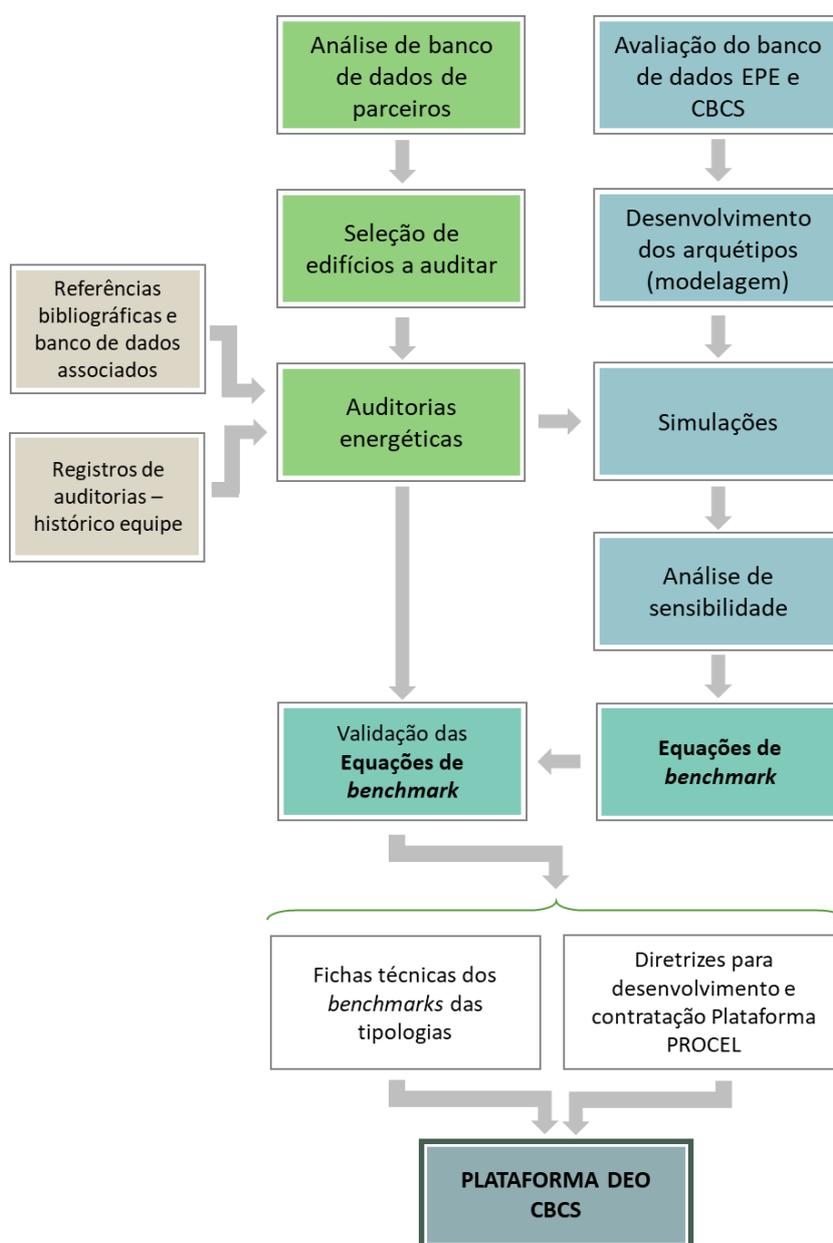
É clara a necessidade de avanços para o desenvolvimento de um programa nacional de gestão energética em edificações existentes e a pertinência do presente convênio. Sendo assim, para melhor entender o consumo energético das edificações em operação, a fim de permitir a gestão destes consumos e operações 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.

## MÉTODO GERAL ADOTADO 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 **Erro! Fonte de referência não encontrada..**



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

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** 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 representativas do grupo de edificações dessa 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 de arquitetura, elétrica, luminotécnica e sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado) de edificações existentes; 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

A análise de banco de dados para a caracterização da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** foi feita com base nas amostras descritas no projeto META. O banco de dados do estoque apresenta informações pertinentes à caracterização construtiva e ao consumo de energia, com dados de edificações em 26 das 27 unidades federativas brasileiras. A amostra é constituída por dados de 228 unidades de edificações. Desta amostra, o estado de São Paulo apresenta dados de 57 unidades, representando aproximadamente 25% do banco de dados, seguido pelo estado do Santa Catarina, com 23% 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 225 unidades. Destas 225 unidades, 179 apresentaram informações mais completas, contendo as seguintes variáveis: consumo de gás e número de leitos.

Dados de um edifício com auditoria energética realizada durante o convênio 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 Posto de Saúde e Assistência Social**

RESUMO DO BANCO DE DADOS	
Amostra bruta	228 unidades
Amostra tratada (sem valores espúrios)	225 unidades
Amostra selecionada (dados completos)	<b>179 unidades</b>
Unidades Federativas contendo dados	26
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 leitos;</li> <li>– Consumo de gás.</li> </ul>
Auditorias energéticas	1 unidade

## CARACTERÍSTICAS GERAIS

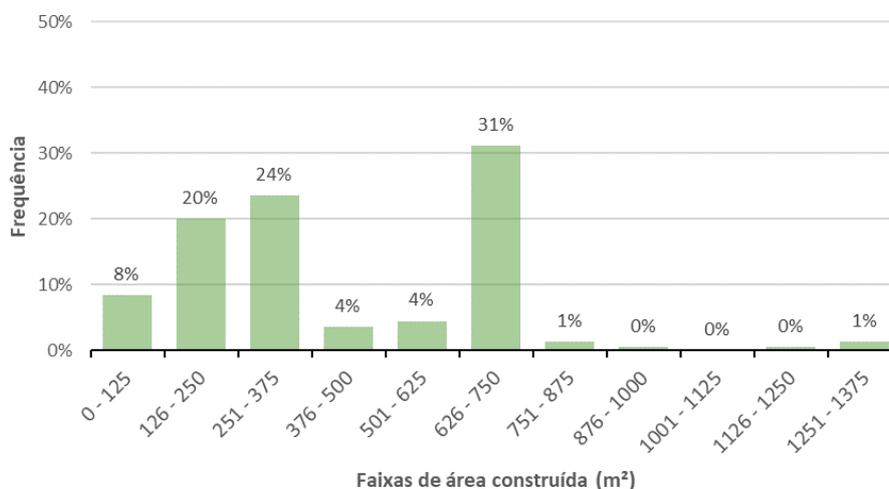
A Tabela 2 apresenta as medidas de síntese estatística da amostra selecionada para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**.

**Tabela 2 – Medidas de síntese das variáveis do estoque para a tipologia de Posto de Saúde e Assistência Social**

VARIÁVEIS	VALOR MÍN.	1º QUARTIL (25%)	MEDIANA	MÉDIA	3º QUARTIL (75%)	VALOR MÁX.
Ano de construção	1955	1973	1985	1985	2003	2012
Número de Funcionários	1	7	10	14	16	100
Número de Funcionários/100 m <sup>2</sup>	0,13	1,33	2,67	4,16	4,16	21,33
Número de leitos	1	3	5	9	10	52
Consumo com gás (Botijões/ano)	47,6	143,0	286,0	386,4	539,0	990,0
Área Total [m <sup>2</sup> ]	75,0	150,0	350,0	478,2	750,0	1.665,0
EUI [kWh/m <sup>2</sup> /ano]	3,0	29,6	40,8	54,8	64,1	281,0

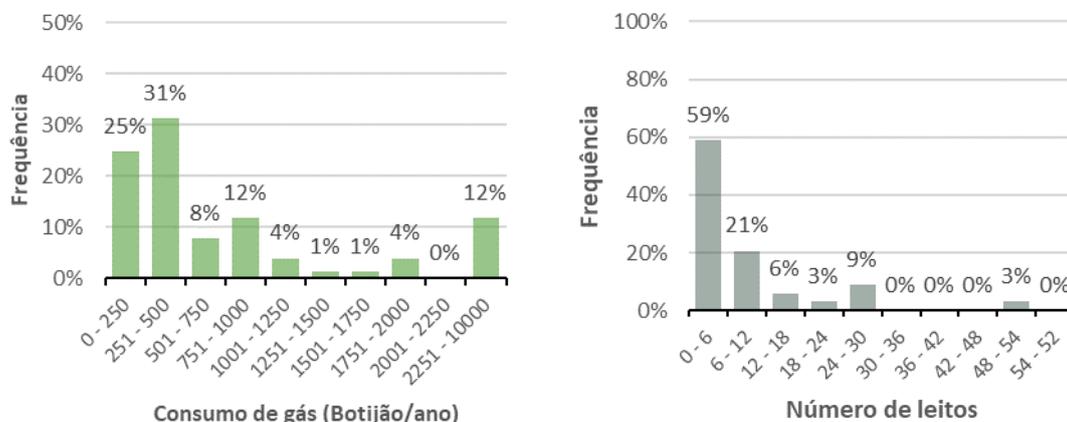
A partir da razão entre consumo de energia de 12 meses e área construída, pode-se calcular o EUI (do inglês: *Energy Use Intensity*, Intensidade de Uso de Energia) de todas as edificações do estoque tratado. A intensidade de uso de energia é um indicador amplamente utilizado para quantificar o uso de energia de uma edificação em relação à sua área construída. Nota-se, que o estoque possui um EUI médio de 54,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano, variando de 29,6 a 64,1 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 478,2 m<sup>2</sup>, mediana de 350,0 m<sup>2</sup> e desvio de padrão de 759,8 m<sup>2</sup>. A Figura 2 apresenta um histograma da área construída das edificações da base de dados. Observa-se que até 52% das unidades têm área construída de até 375 m<sup>2</sup> e há uma faixa significativa de 31% destas edificações com áreas entre 626 e 750 m<sup>2</sup>.



**Figura 2 - Histograma da área construída**

Além da área construída, algumas características físicas ou de sistemas são determinantes para o consumo de energia. Especificamente para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, o consumo de gás e o número de leitos foram identificados como sendo estes fatores, dentre as demais variáveis presentes na base de dados. A Figura 3 apresenta o comportamento das variáveis importantes que caracterizam esta tipologia para as edificações que apresentaram essas informações.



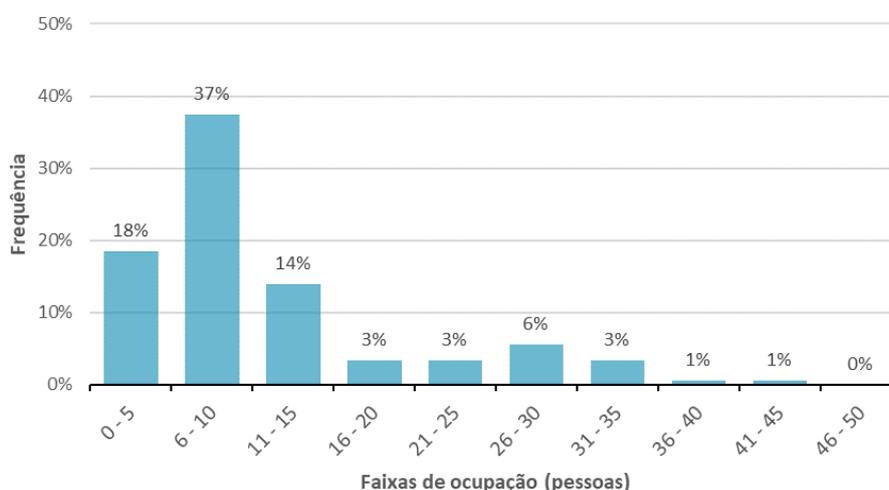
**(a)** **(b)**  
**Figura 3 – Histograma das variáveis consideradas mais determinantes em relação ao consumo total por edificação**

A Figura 3 revela que para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, o consumo médio anual de gás é de 1.021 botijões/ano, com desvio padrão de 1.503 botijões/ano. A maior parte dessas edificações tem um consumo de até 500 botijões/ano (56%). Esse consumo provavelmente é devido ao uso em preparação de alimentos e aquecimento de água.

Com relação à quantidade de leitos, a média registrada é de 10 leitos por edificação, sendo que a maior parte das edificações (59%) possui até 6 leitos.

### OCUPAÇÃO

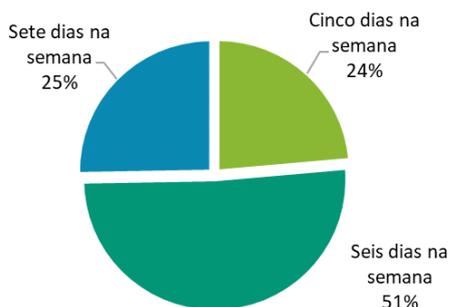
A caracterização da ocupação de edificações da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** foi feita com base no número de funcionários levantados na análise do estoque, conforme ilustrado no histograma da Figura 4.



**Figura 4 – Histograma da ocupação por funcionários**

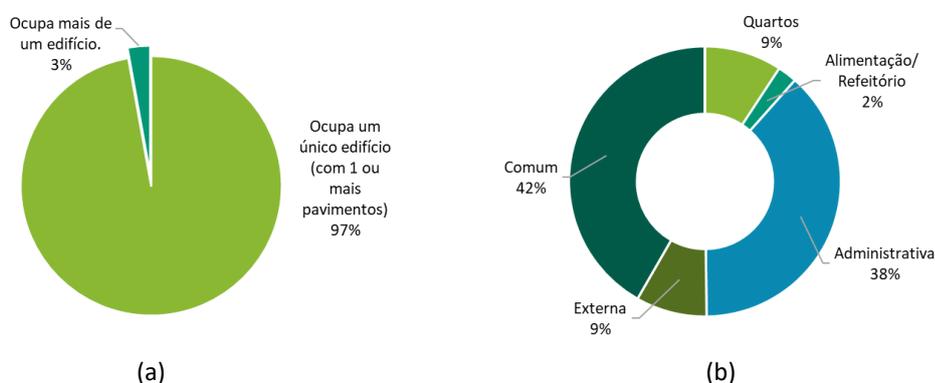
A Figura 4 informa que a maior parte das edificações têm até 15 funcionários (69%) e em média 14 funcionários. Considerando-se a área construída média e a quantidade de funcionários média, a densidade de ocupação é de 34,16 m<sup>2</sup> por pessoa.

Outra variável determinante para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** é a quantidade de dias de operação. 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). A Figura 5 apresenta a proporção dessa variável no estoque analisado. Percebe-se que a maior parte das edificações do estoque opera seis dias na semana – ou seja, de segunda a sábado.



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

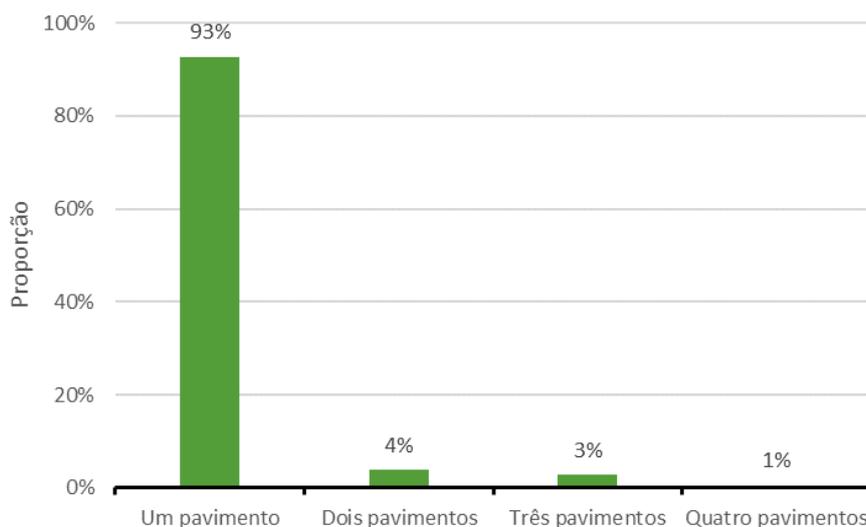
E, em relação à forma de ocupação do edifício, a Figura 6 apresenta a proporção de edificações do estoque se ocupando um único edifício ou mais de um edifício e a proporção dos tipos de uso dos espaços internos.



**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 **Posto de Saúde e Assistência Social** é composta por um único bloco (97%), sendo a maior parte da área da edificação constituída pelas áreas comuns (42% da área total). Nota-se que uma significativa parcela é constituída por áreas administrativas, o que foi interpretado como sendo as áreas de consultório para atendimento médico.

A Figura 7 apresenta a proporção das edificações do banco de dados em relação à quantidade de pavimentos. Pode-se observar que a maior parte das edificações do banco de dados apresenta um único pavimento (93%).



**Figura 7 – Proporção das edificações em relação à quantidade de pavimentos**

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 **Posto de Saúde e Assistência Social** é uma edificação de um pavimento, bloco único, com aproximadamente 478 m<sup>2</sup>, com maior porção dedicada à área comum, ocupação média de 14 funcionários, média 10 leitos e funcionamento seis dias da semana.

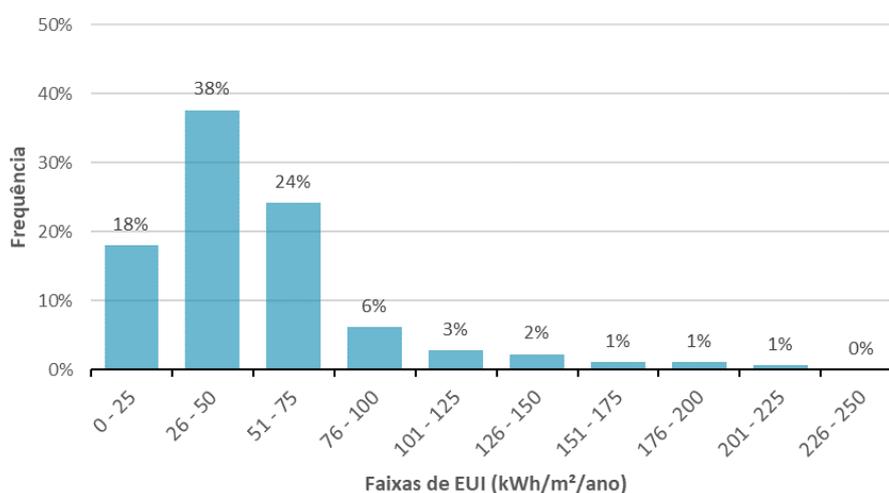
#### CARGAS ESPECIAIS

Para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, não foi reportado no banco de dados nenhuma carga especial.

Não foram disponibilizados no estoque dados de Centrais de Processamento de dados (CPDs).

#### INTENSIDADE DE USO DE ENERGIA (EUI)

O EUI médio para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** na amostra analisada foi de 54,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com mediana 40,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano e desvio padrão de 46,41 kWh/m<sup>2</sup>/ano. A Figura 8 apresenta uma análise da distribuição desta variável nesta tipologia. A grande parte dos dados está centrada em consumos de 26 a 50 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

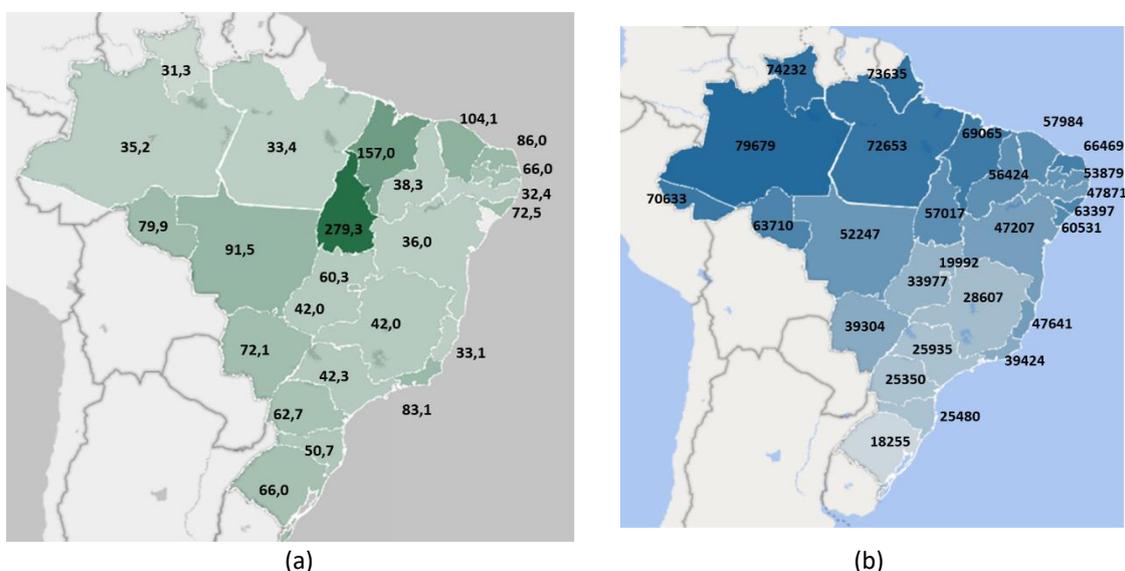


**Figura 8 – Histograma da variável EUI**

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  $2 \times 10^{-16}$  (rejeitando-se a hipótese da normalidade). Porém, é possível observar que a variável segue uma distribuição que se assemelha à log-normal.

Sabe-se que o desempenho do sistema de condicionamento de ar é dependente do clima no qual a edificação está inserida. 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 9 ilustra a média de GRH em cada estado do Brasil e associa a média de EUI das edificações do estoque analisado.

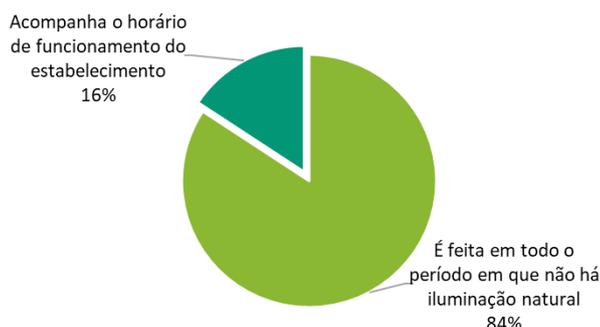


**Figura 9 – Comparação entre (a) Média de EUI da amostra e (b) Média de GHR, por estado da federação brasileira.**

Estados com alto GHR como Tocantins e Maranhão apresentaram também alto EUI. No entanto, se observa que o EUI médio dessa tipologia apresenta pouca variação ao longo do território nacional, o que estaria mais relacionado à forma de uso do sistema de condicionamento de ar em cada região ou até mesmo à presença ou não destes sistemas nestas edificações.

### ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O padrão de uso da iluminação artificial para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** 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 10).

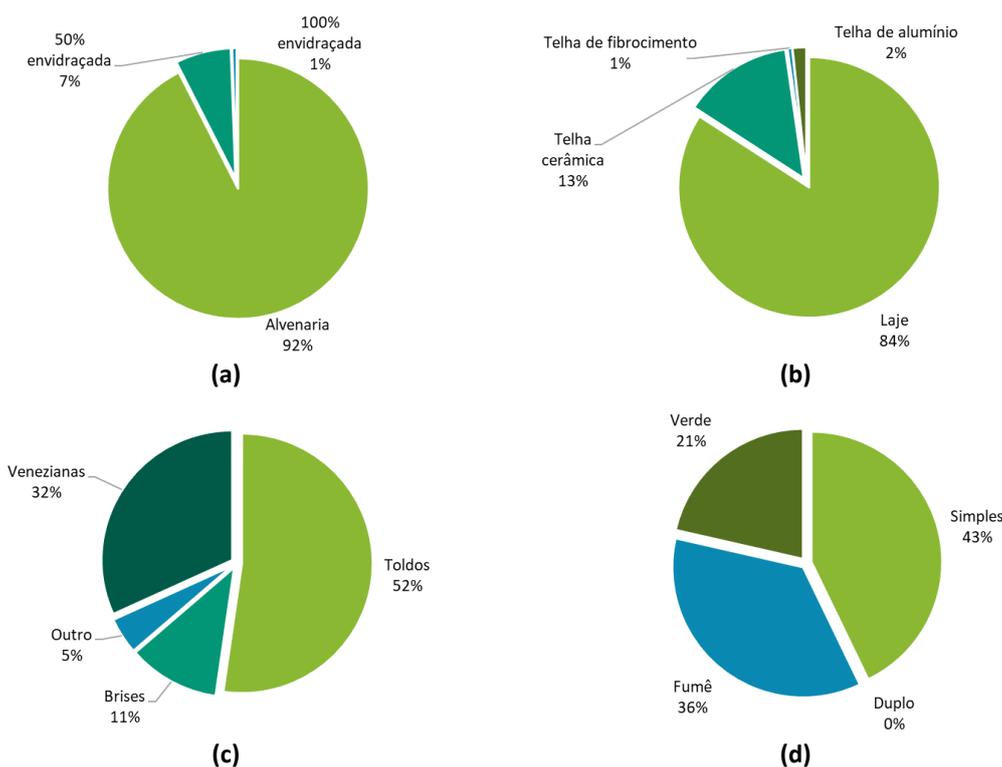


**Figura 10 – Padrão de aproveitamento da iluminação natural**

Percebe-se que a maior parte das edificações que apresentaram essa informação tendem a aproveitar a iluminação natural externa durante o dia, uma vez que cerca de 84% das edificações reportaram utilizar iluminação artificial apenas quando não há iluminação natural disponível. Em seguida, 16% responderam que há utilização de iluminação artificial durante todo o horário de funcionamento da edificação, o que indica que a iluminação se mantém acionada continuamente.

**CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS**

A Figura 11 apresenta as características construtivas típicas da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**.



**Figura 11 – 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, tipos de vidros das esquadrias externas 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 11, percebe-se que a maior parte das edificações tem fachada de alvenaria (92%), cobertura de laje simples (84%), possuem elementos de sombreamento em sua maioria do tipo toldo (52%) e, em relação ao tipo de vidro, apresentaram esquadrias compostas por vidros simples incolores (43%) e uma expressiva presença de vidros simples do tipo fumê (36%).

## 4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

A auditoria energética descrita a seguir foi realizada a partir de visita *in loco* em uma edificação. A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados principais da edificação auditada.

**Tabela 3 – Dados principais da edificação auditada**

Edificação	A
Número de Pavimentos	2
Município	São Paulo
Estado	SP
Pé-Direito <sup>1</sup> [m]	N/D
Perfil de ocupação <sup>2</sup>	Monousuário
Dias de ocupação semanal	5
Área construída [m <sup>2</sup> ]	1.313,89
Área Útil <sup>3</sup> [m <sup>2</sup> ]	1.313,89
Área Privativa <sup>4</sup> [m <sup>2</sup> ]	752,90
Área Comum <sup>5</sup> [m <sup>2</sup> ]	561,69
Área técnica [m <sup>2</sup> ]	0,00
Quantidade de funcionários [pessoas]	N/D
Taxa de Ocupação <sup>6</sup>	50%
Densidade de Potência de Iluminação [kWh/m <sup>2</sup> ]	7,65
EUI real [kWh/m <sup>2</sup> /ano]	48,20

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

<sup>2</sup> Monousuário - 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 pessoas e a área total;

Nota: N/D = não disponível.

Nota-se que o EUI real – isto é, o que foi realmente medido – da edificação auditada foi de 48,20 kWh/m<sup>2</sup>/ano, sendo 12% abaixo da média observada na análise do banco de dados do estoque, que foi de 54,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Porém, este valor é muito próximo da mediana encontrada pela análise do banco de dados do estoque (40,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano). Dessa forma, pode-se dizer que este valor se encontra dentro da faixa de valores encontrada. De fato, quando o histograma de EUI do estoque é analisado, percebe-se que 56% das edificações do estoque apresentam EUI de até 50 kWh/m<sup>2</sup>/ano, similar ao observado na edificação auditada. A Tabela 4 apresenta a síntese dos principais sistemas presentes na edificação auditada.

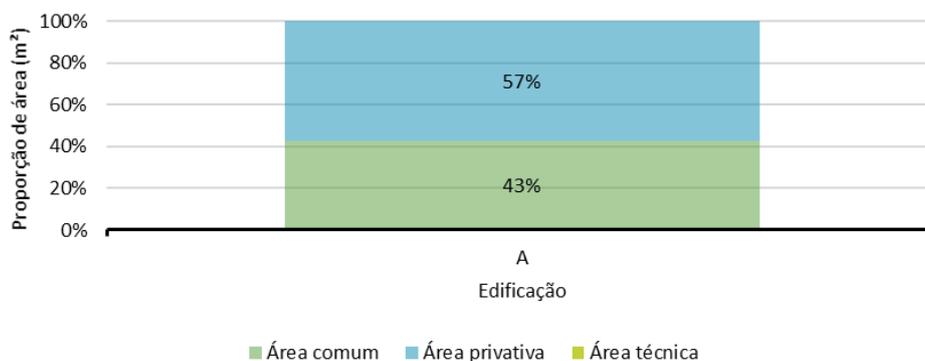
**Tabela 4 – Caracterização dos sistemas da edificação auditada**

SISTEMAS	CARACTERÍSTICAS
Fornecimento de energia	Rede aérea de baixa tensão, subgrupo B3, modalidade tarifária convencional
AVAC	Sistemas do tipo <i>Split On/Off</i> , <i>portáteis</i> e <i>inverter</i> em todos os ambientes, exceto nos banheiros.
Iluminação	Luminárias com duas lâmpada tipo T8 LED, com potência de 32W. Outras lâmpadas do tipo compactas fluorescentes de 25W e LED bulbo de 9W.
Aquecimento de água	Chuveiro elétrico de 5.400 W
Cargas de tomadas	Computadores; televisores, bebedouros, copas com geladeira, micro-ondas e cafeteira. Aparelhos específicos de exames, odontologia, centrífugas, respiradores, estufa, compressor e refrigerador de banco de sangue.
Cargas específicas	Não observado.
CPDs	Equipamentos do tipo <i>rack</i> e <i>switches</i> para composição da rede lógica interna da edificação, com potências menores e de <i>nobreaks</i> com fonte de alimentação ininterrupta – UPS.
Gerador	Não observado.

A edificação possui formato retangular e não foi informado o seu pé-direito. O perfil de ocupação é monousuário, em conformidade com o que foi observado na análise do estoque do projeto META.

O partido arquitetônico consiste em uma edificação subdividida em espaços menores para atendimento, consultórios, depósito e área de recepção.

A área construída constatada foi de 1.313,89m<sup>2</sup>, com proporção de área privativa média de 57% e de área comum média de 43%. Não foi observada área técnica. A Figura 12 apresenta a proporção das áreas comuns, privativas e técnicas da edificação auditada.

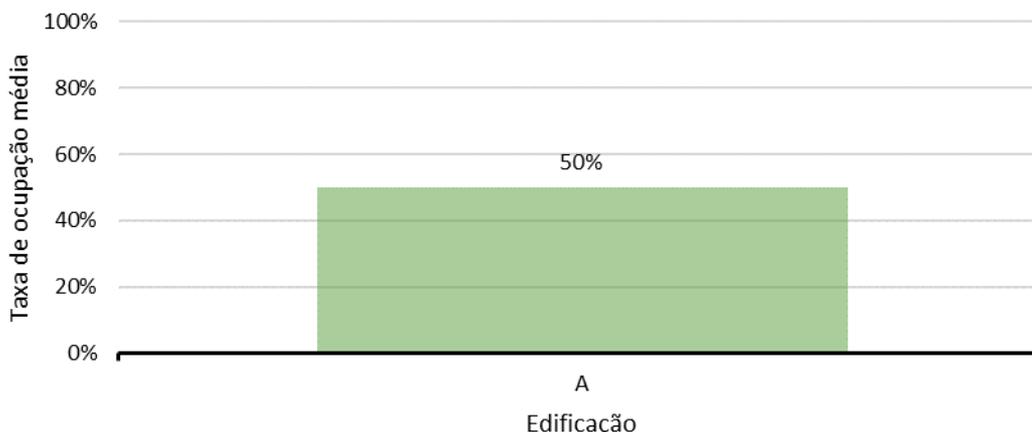


**Figura 12 - Proporção dos tipos de áreas da edificação auditada**

## OCUPAÇÃO

A edificação auditada da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** funciona durante cinco dias da semana, correspondendo a 24% das edificações do estoque analisado.

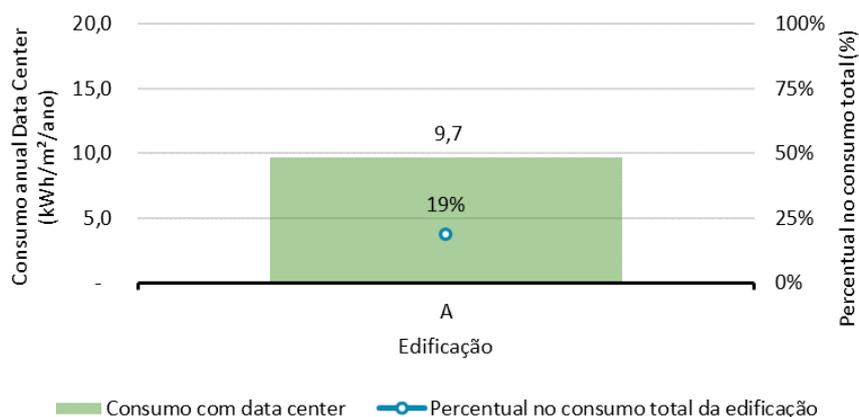
Não foi informada a quantidade de pessoas que ocupam a edificação durante o processo de auditoria. No entanto, foi possível determinar a área total e as áreas efetivamente ocupadas da edificação, apresentada por meio da Figura 13.



**Figura 13 – Taxa de ocupação da edificação auditada**

## CARGAS ESPECIAIS

Para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, observou-se como cargas especiais equipamentos de processamento de dados para composição da rede lógica interna da edificação. Estes equipamentos são principalmente *racks* e *no-breaks* que ficam em ambientes administrativos. A Figura 14 apresenta o consumo desses equipamentos e seu impacto no consumo total da edificação auditada.



**Figura 14 – Proporção do consumo de data center em relação ao consumo total da edificação auditada**

A Figura 14 mostra que o consumo com *racks*, *switches* e *no-breaks* foi de 9,7 kWh/m²/ano, representando 19% do consumo total da edificação. Pode-se perceber que o impacto desses equipamentos é significativo no consumo total para esta tipologia.

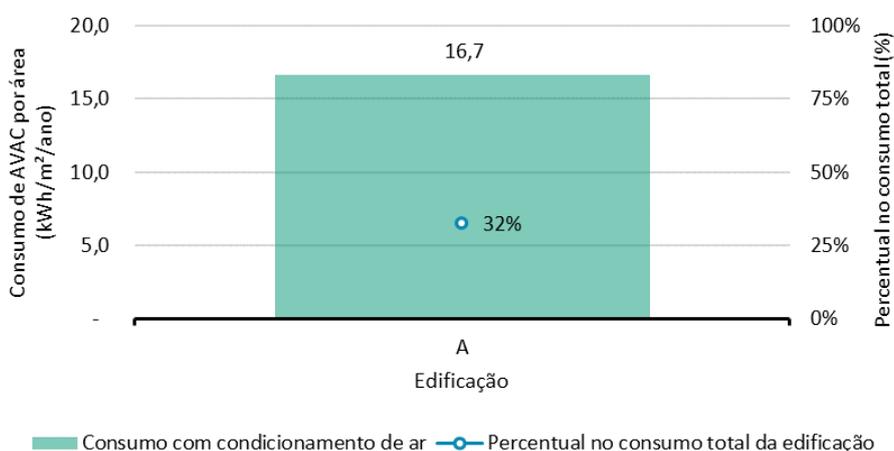
## CONDICIONAMENTO DE AR

Em termos de equipamentos de condicionamento de ar para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, verifica-se que as áreas condicionadas possuem densidade de refrigeração média de 788,80 BTU/h/m<sup>2</sup>. A potência de resfriamento total instalada na edificação é de 102.000 BTU/h. A Tabela 5 apresenta a síntese da potência dos sistemas de condicionamento de ar para a edificação auditada.

**Tabela 5 - Lista de equipamentos AVAC da edificação auditada**

Edifício	Tipo de equipamento	AMBIENTE	Potência instalada [BTU/h]
A	Split Inverter	- Sala de vacinas	12.000
	Portátil	- Ambientes administrativos	12.000
	Portátil	- Consultório	12.000
	Portátil	- Sala de Curativo	12.000
	Split Inverter	- Depósito	9.000
	Portátil / Split Inverter / Split Inverter	- Outros	12.000/ 24.000/ 9.000

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 15 apresenta os resultados dessa estimativa e o quanto o consumo com os sistemas de condicionamento de ar representam no consumo total da edificação.



**Figura 15 - Proporção do consumo de AVAC em relação ao consumo total da edificação auditada**

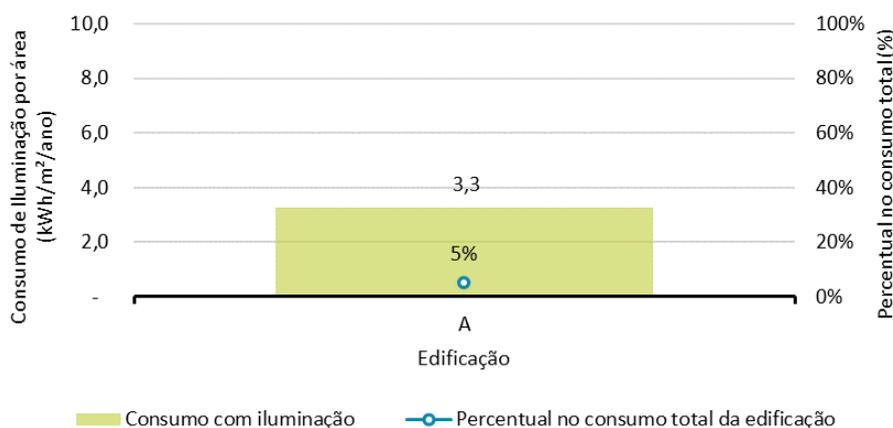
Percebe-se que o condicionamento de ar é uma parcela expressiva no consumo total edificação, representando 32% do consumo total da edificação auditada. A auditoria evidenciou que a edificação não possuía sistema central de condicionamento de ar, no entanto, não foi possível afirmar se essa é uma característica típica dessa tipologia.

Como o consumo de energia com condicionamento de ar é intrinsecamente dependente do clima, é importante visualizar as características climáticas nas quais a edificação está inserida. No caso da edificação auditada, a cidade de São Paulo fica localizada no estado de São Paulo, pertence à zona

Bioclimática 3, segundo a Norma NBR 15.220/2003. Dessa forma, pode-se dizer que o clima da cidade em questão é ameno e, apesar de ter um papel fundamental no consumo total da edificação, o sistema de condicionamento de ar pode não ser o consumo mais representativo.

### ILUMINAÇÃO

Com relação ao sistema de iluminação da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, verificou-se majoritariamente o uso de luminárias com duas lâmpada tipo T8 LED, com potência de 32W. Outras lâmpadas do tipo compacta fluorescente de 25W e LED bulbo de 9W também foram encontradas. A Figura 16 apresenta o consumo com iluminação e a proporção do seu respectivo consumo no consumo total da edificação.



**Figura 16 – Proporção do consumo de iluminação na edificação auditada**

O consumo com iluminação foi de 3,3 kWh/m²/ano, representando 5% do consumo total da edificação. A densidade de potência de iluminação observada foi de 7,65 kW/m².

### CARGAS DE TOMADA

Para a edificação auditada da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**, estimou-se o consumo com cargas de tomada com base na quantidade de equipamentos específicos que foram registrados no levantamento de dados.

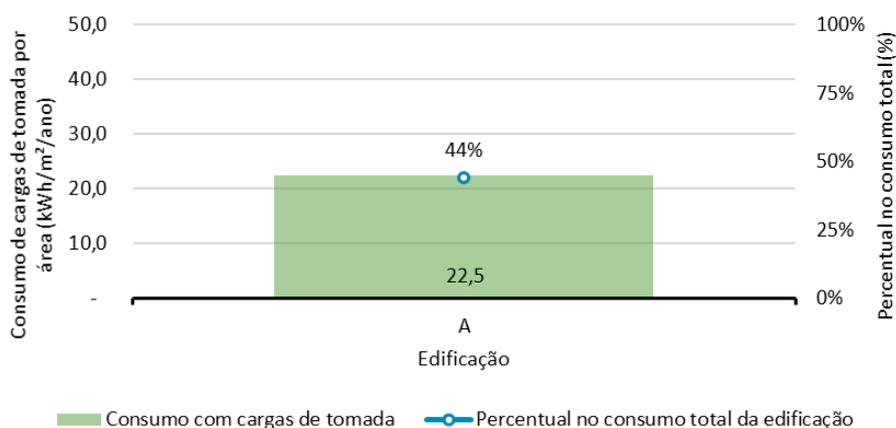
No caso desta tipologia, percebeu-se a expressiva quantidade de equipamentos relacionamentos à prática médica e de enfermagem e odontologia, que com certeza tem um impacto significativo no consumo total da edificação, além dos equipamentos comuns considerados como cargas de tomada. A

apresenta a discriminação dos equipamentos encontrados, com suas quantidades e potência instalada.

**Tabela 6 – Equipamentos de cargas de tomada especifica**

Ambiente	Especificação	Quantidade	Potência (W)
Laboratório de Análise	Leitura semiautomática	1	9
Laboratório de Análise	Espectrofotômetro 0.165kw	1	165
Laboratório de Análise	Centrífuga	1	3650
Odontol. Equipamentos	Cadeiras de dentista	3	780
Odontol. Equipamentos	Ultrassom	1	8030
Odontol. Equipamentos	Cadeira raio x	1	660
Odontol. Equipamentos	Compressor 3hp	1	2237
Vacinação	Audiômetro	1	710
Sala de Vacinação	Câmara de conservação	1	800
Sala de Vacinação	Refrigerador banco de sangue	1	400

A partir desse levantamento e acrescentando a contabilização do número de computadores e demais cargas de tomada menores, estimou-se o consumo com cargas de tomada com base na potência instalada e o seu uso reportado pelos usuários. A Figura 17 apresenta o consumo com cargas de tomada e a proporção desse uso final no consumo total da edificação.

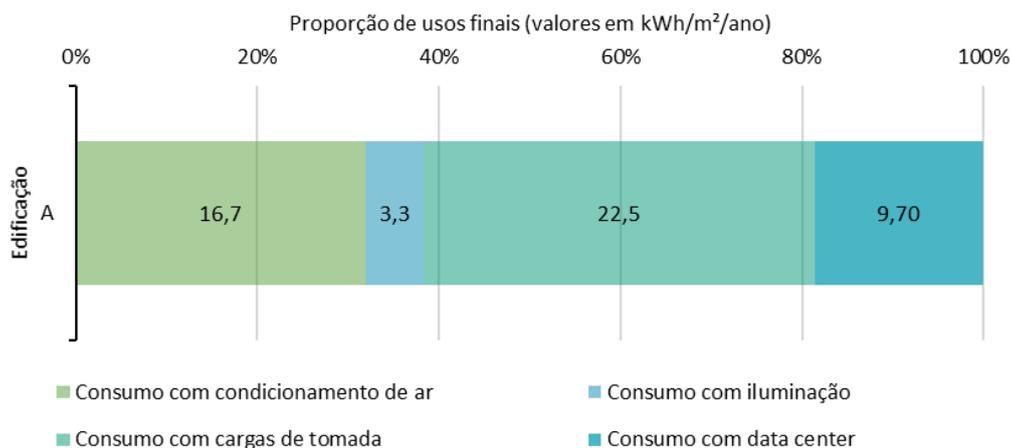


**Figura 17 – Proporção do consumo de energia com cargas de tomada na edificação auditada**

Pode-se perceber que a edificação auditada apresentou consumo anual de cargas de tomada de 22,5 kWh/m²/ano, representando 44% do consumo total da edificação. Apesar dos equipamentos específicos apresentarem potência baixa, seu uso frequente pode levar a uma alta representatividade no consumo de energia total da edificação.

#### ANÁLISE DOS USOS FINAIS

A Figura 18 apresenta a síntese dos consumos anuais por área construída dos principais sistemas desta edificação auditada da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** e calculados por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO.



**Figura 18 – Proporção e valores dos usos finais por área construída da edificação auditada**

O consumo mais expressivo foi o consumo com cargas de tomada, que consumiu cerca de 22,5 kWh/m<sup>2</sup>/ano, representando 44% do consumo total da edificação. Este uso final é representativo devido aos equipamentos específicos utilizados nas atividades desenvolvidas nesta tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social**.

Em segundo lugar, o condicionamento de ar foi o uso final mais expressivo, 16,7 kWh/m<sup>2</sup>/ano, representando 32% do consumo total da edificação. O consumo com data center ficou em terceiro lugar, com um consumo estimado de 9,7 kWh/m<sup>2</sup>/ano e representando 19% do consumo total. Já a iluminação representou 5% do consumo total, cerca de 3,3 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

O EUI total da edificação foi estimado em 51,33 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.14, adotado nas simulações para determinação dos *benchmarks* desta tipologia, foi confrontado com os resultados desta análise do estoque e da auditoria energética.

A Tabela 7 apresenta a comparação desses dados e os valores adotados para o arquétipo desta tipologia.

**Tabela 7 – Resumo dos principais dados construtivos**

Dados	Análise do estoque	Auditoria	Arquétipo CBCS
Pavimentos	1	2	1
Subsolos	0	0	0
Pé-Direito[m]*	-	N/D	3,00
Formato	-	N/D	“T”
Sombreamento	Toldos	Sem sombreamento	Variável
Perfil de Ocupação	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Turnos	6 dias na semana	5 dias na semana	5 dias na semana
Área Construída [m <sup>2</sup> ]	Média = 478,2	1.313,89	360,00
	Mediana = 350,0		
Área Privativa [%]	38%	57%	54,9%
Área Comum [%]	42%	43%	37,4%
Área Técnica [%]	20%	0%	7,7%
Taxa de Ocupação [%]	-	50%	100% (das 7h às 19h)

\* Medida de Piso a forro;

O modelo do arquétipo do CBCS foi constituído por uma edificação de um pavimento, com volumetria em formato de “T” e pé-direito de 3,0 m. A área total do modelo é de 360,0m<sup>2</sup>. A edificação é do tipo monousuário, com quatro zonas térmicas condicionadas para representar atendimento odontológico, sala de vacinação, estoque de medicamentos e ambiente administrativo, e outras 16 zonas térmicas não condicionadas, representando recepção e espera, consultórios médicos, esterilização, almoxarifado, sala de curativos, sala de observação, sala de inalação, expurgo e banheiros.

Quanto à ocupação, adotou-se, um modelo de ocupação fixa, considerando os ambientes ocupados de acordo com o expediente (das 7h às 19h) e funcionamento 5 dias semana, ou seja, o arquétipo considera os ambientes ocupados para operação dos equipamentos e sistema de condicionamento de ar. Os elementos construtivos das paredes e coberturas foram variados e o vidro foi considerado com propriedades térmicas de vidro simples ( $U_{\text{vidro}} = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  e fator solar de 0,87).

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

- **Iluminação:** um cenário eficiente com Densidade de Potência de Iluminação (DPI) médio de 9,97 W/m<sup>2</sup> e outro menos eficiente com DPI médio de 16,39 W/m<sup>2</sup>;
- **AVAC:** um cenário mais eficiente com split inverter, um cenário com split e outro cenário com ventiladores.

- **Orientação solar:** quatro cenários, considerando a fachada principal voltada para cada uma das orientações solares Leste, Oeste, Norte e Sul;
- **Envolvória:** um cenário considerando paredes e coberturas mais eficientes ( $U_{\text{parede}} = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  e  $U_{\text{cobertura}} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e outro cenário considerando paredes e coberturas menos eficientes ( $U_{\text{parede}} = 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  e  $U_{\text{cobertura}} = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ );
- **Cor da envoltória:** um cenário considerando cores mais escuras (absortância = 0,7) e outro cenário considerando cores mais claras (absortância = 0,3).

### COMPARAÇÃO DO CONSUMO REAL COM OS CONSUMOS ESTIMADOS

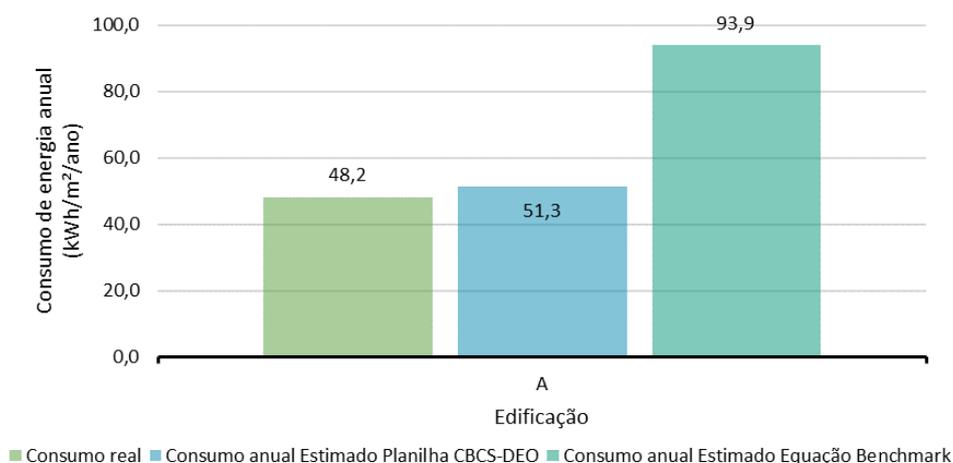
A comparação do consumo real com as estimativas é uma etapa importante de validação dos métodos utilizados para estimativa do consumo de energia em edificações

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.

Assim, a estimativa do consumo de energia anual também foi calculada, por meio da inserção das informações obtidas na auditoria realizada na equação de GHR abaixo de 54.000 (uma vez que a edificação auditada de encontra na cidade de São Paulo, SP), desenvolvida para a tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** e detalhada no relatório **RT2B.14**. São propostas duas equações de *benchmark* considerando as seguintes variáveis independentes:

- GHR – Graus-hora de resfriamento da cidade onde se localiza a edificação;
- GDA – Graus-dia de aquecimento da cidade onde se localiza a edificação;
- AVAC – Tipo de sistema de condicionamento de ar;
- ILUM – Densidade de potência de iluminação instalada ( $\text{W/m}^2$ ).

A Figura 19 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 19 – Comparação do consumo real e consumos estimados pela planilha CBCS-DEO e pela equação de benchmark desta tipologia**

A diferença entre o consumo estimado pela planilha CBCS-DEO e o consumo real foi de 6%. Essa diferença pode ser considerada aceitável dentro das variações possíveis quando se utiliza uma estimativa para se comparar com a realidade.

Com relação à comparação da estimativa de equação de *benchmark* com o consumo real, percebe-se a diferença relativa muito maior, 95% em relação ao consumo real da edificação auditada. Um dos fatores que podem ter contribuído para essa diferença é que o arquétipo de simulação foi feito considerando uma alta densidade de carga de tomadas por área e o único edifício auditado é uma edificação atípica, no sentido de sua área construída ser bem superior, tanto à média do estoque e quanto à área do arquétipo elaborado .

Além disso, há uma incerteza inerente do processo de estimativa, que pode acarretar variações expressivas por motivos de diferenças em operação dos sistemas e variações climáticas. Espera-se variações da ordem de até 40%<sup>1</sup> quando estimativas desse tipo são feitas em sistemas simulados de edificações. 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 as variações climáticas que são imprevisíveis a longo prazo.

<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.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Posto de Saúde e Assistência Social** a partir da análise de dados do estoque de edificações (com 179 dados completos e tratados, cobrindo 26 Unidades Federativas brasileiras), e da análise de uma auditoria energética realizada em uma edificação em uma única cidade.

A análise do estoque e a síntese dos resultados da auditoria energética realizada 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. Diferentemente, as estimativas realizadas pela equação de *benchmark* levaram a resultados majorados em relação ao consumo por metro quadrado real da edificação auditada, com uma diferença de 95%. Justifica-se a diferença pelo fato do edifício auditado ter área bem superior à considerada no arquétipo que deu origem à equação, acarretando um consumo calculado maior em virtude da densidade de cargas de tomada modeladas.