



CBCS

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

RT2A.08: Relatório de Auditorias Energéticas - Tipologia de Comércio de Pequeno Porte

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 24/02/2021

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 Comércio de Pequeno Porte.

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA.....	2
Método geral adotado para o convênio	3
2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE.....	6
Características gerais.....	7
Ocupação.....	8
Cargas especiais	10
Intensidade de Uso de Energia (EUI).....	10
Iluminação artificial.....	12
Características construtivas	12
4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS	13
Características gerais.....	13
Ocupação.....	15
Cargas especiais	15
Condicionamento de ar.....	15
Iluminação.....	16
Cargas de tomada.....	17
Análise dos usos finais.....	18
5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS	19
Validação do arquétipo e variáveis relevantes	19
Comparação do consumo real com os consumos estimados	20
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22

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

Figura 1.

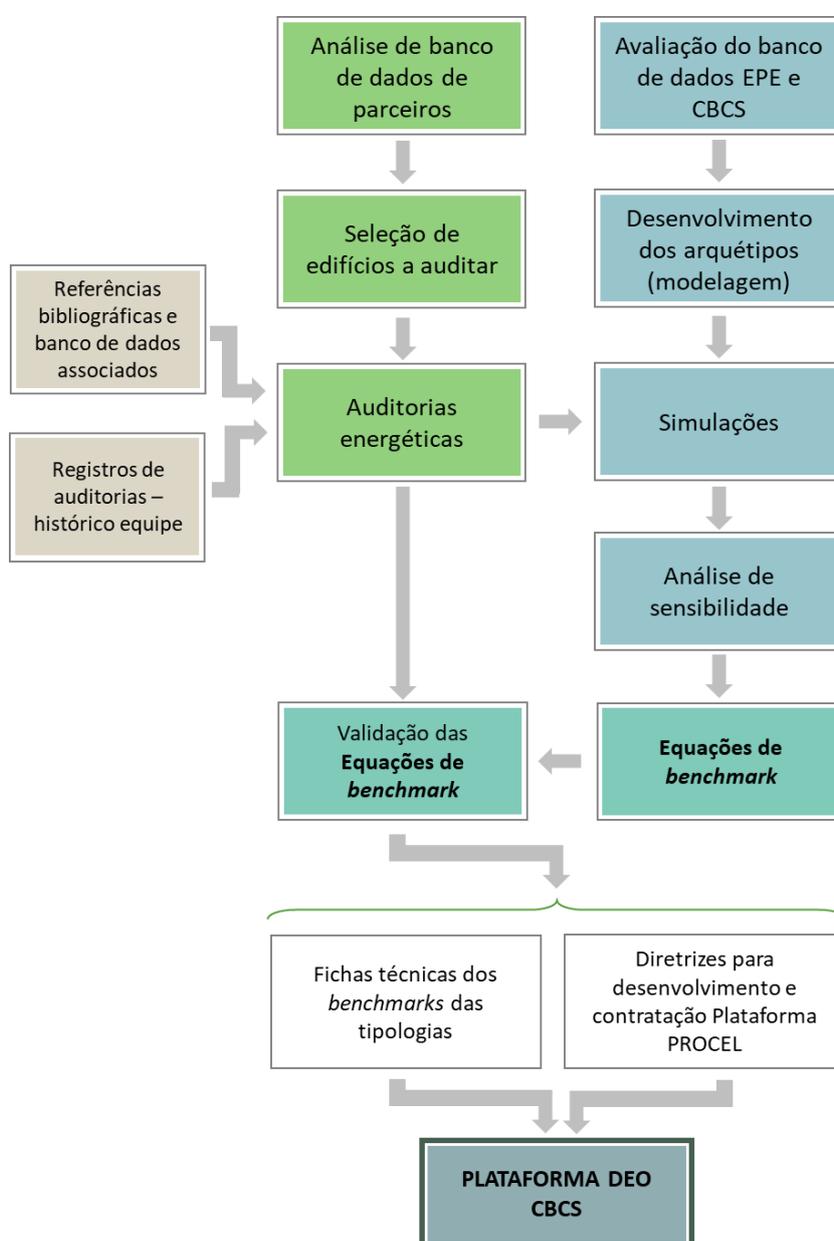


Figura 1 - Método aplicado pelo CBCS para o desenvolvimento dos benchmarks

no âmbito deste convênio

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** 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-DEO¹;
- 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;

¹ 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 **Comércio de Pequeno Porte** 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 em 24 das 27 unidades federativas brasileiras. A amostra é constituída por dados de 1.264 edificações. Desta amostra, o estado de São Paulo é o que apresenta mais dados, 453 unidades, representando aproximadamente 36% do banco de dados, seguido pelo estado do Minas Gerais, com 13% dos dados da amostra.

Filtros para a retirada de valores espúrios de área construída e consumo de energia foram aplicados na amostra bruta, resultado em uma amostra tratada final com 1.203 unidades. Destas 1.203 unidades, 401 unidades (aproximadamente 32%) apresentaram informações mais completas, contendo as seguintes variáveis: número de salas, quantidade de geladeiras e freezers, quantidade de computadores e quantidade de funcionários.

Dados de três edifícios com auditorias energéticas realizadas 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 Comércio de Pequeno Porte.

RESUMO DO BANCO DE DADOS	
Amostra bruta	1.264 unidades
Amostra tratada (sem valores espúrios)	1.203 unidades
Amostra selecionada (dados completos)	401 unidades
Unidades Federativas contendo dados	24
Variáveis Contidas	<ul style="list-style-type: none"> – Dados básicos (Estado, município e parceiro); – Área construída; – Histórico consumo total de energia de (12 meses) – Idade de construção; – Quantidade de funcionários; – Quantidade de computadores; – Área condicionada; – Área de vendas
Auditorias energéticas	3 unidades

CARACTERÍSTICAS GERAIS

A Tabela 2 apresenta as medidas de síntese estatística da amostra selecionada para a tipologia de Comércio de Pequeno Porte.

Tabela 2 – Medidas de síntese das variáveis do estoque para a tipologia de Comércio de Pequeno Porte

VARIÁVEIS	VALOR MÍN.	1º QUARTIL (25%)	MEDIANA	MÉDIA	3º QUARTIL (75%)	VALOR MÁX.
Ano de construção	1930	1965	1985	1982	1995	2014
Número de Funcionários	1	2	3	5	5	101
Número de Funcionários/100 m ²	0,08	0,80	1,71	3,39	3,39	34,67
Número de Salas	1	1	1	2	2	12
Número de Geladeiras e Freezers	1	1	1	1	2	7
Área Total [m ²]	12,0	50,0	75,0	98,9	150,0	400,0
EUI [kWh/m ² /ano]	1,0	24,9	48,3	83,8	90,7	846,4

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 83,8 kWh/m²/ano, variando de 24,9 a 90,7 kWh/m²/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 98,9 m², mediana de 75,0 m² e desvio de padrão de 79,87 m². A Figura 2 apresenta um histograma da área construída desta tipologia. Observa-se que a maior parte das edificações do banco de dados tem até 150,0 m². É necessário reforçar que a área construída que foi contabilizada nesta tipologia corresponde a edificações de comércio e varejo com até 500 m², uma vez que edificações com áreas maiores do que essa foram categorizadas como Comércio de Varejo e de Grande Porte.

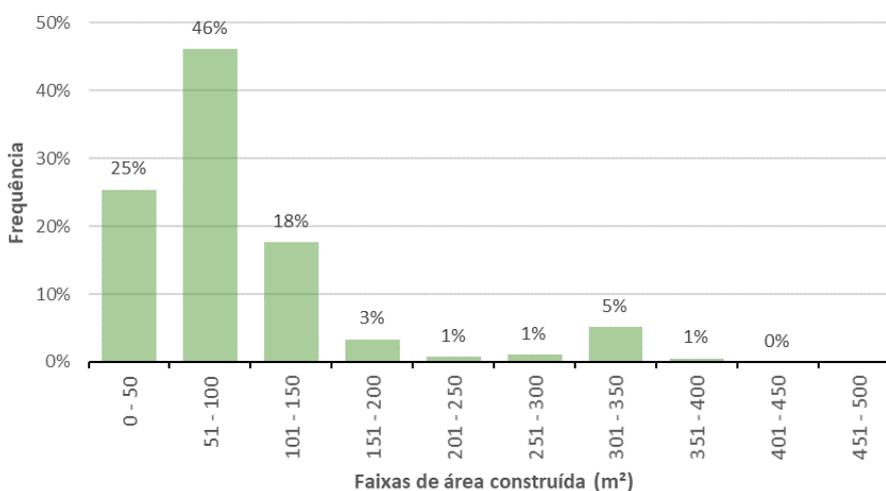


Figura 2 - Histograma da área construída

Além da área construída, algumas características físicas ou de sistemas são determinantes para o consumo de energia. Especificamente para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte**, a quantidade de refrigeradores, quantidade de computadores e quantidade de salas 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 apresentavam essas informações.

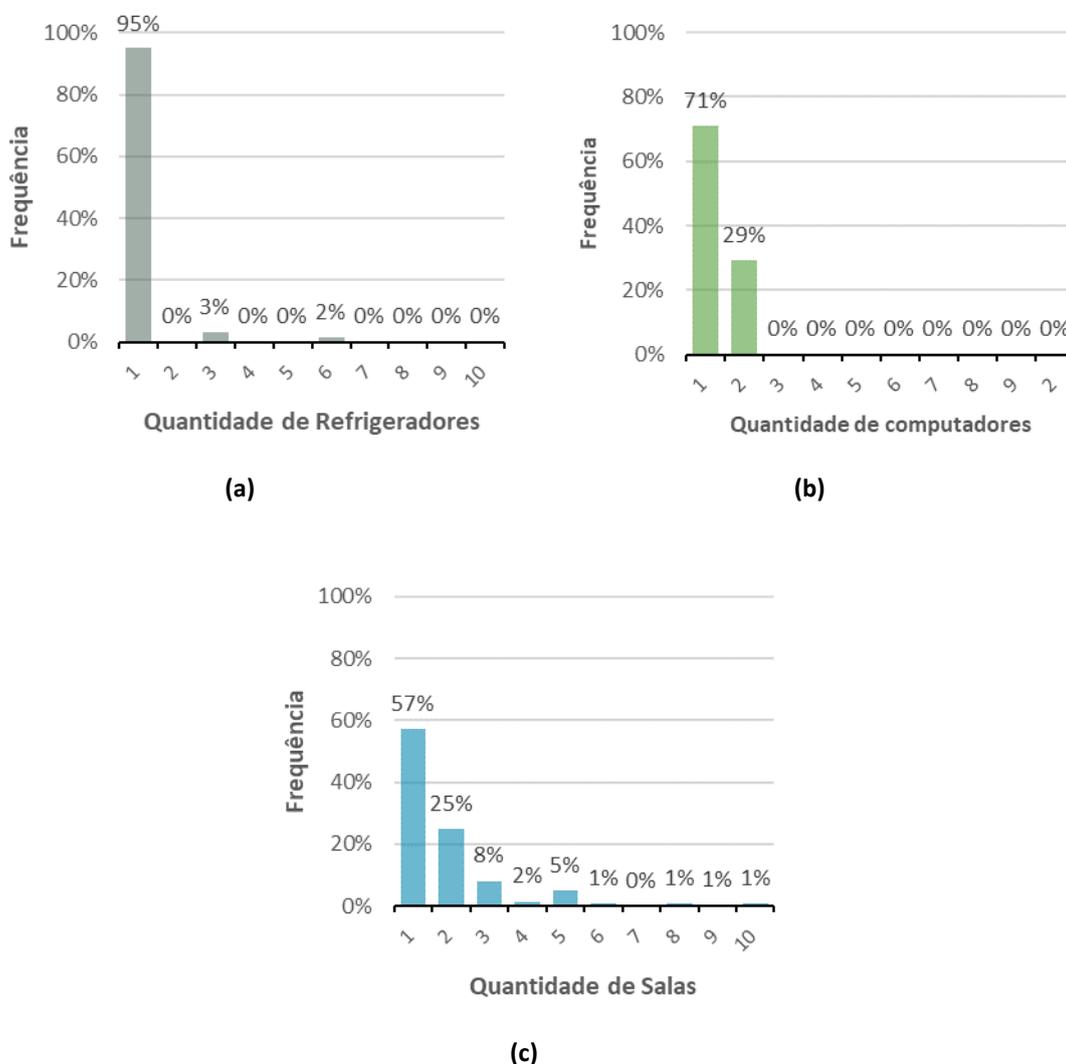


Figura 3 – Histograma das variáveis consideradas mais determinantes em relação ao consumo total por edificação.

A Figura 3 mostra que grande maioria de edificações possui 1 refrigerador (95%) e todas as unidades da amostra reportaram possuir até 2 computadores. A maior parte das edificações é composta por uma sala única ou duas salas (57% do estoque), mas há a presença de lojas com múltiplas salas, uma vez que cerca de 15% possuem entre 3 a 6 salas.

OCUPAÇÃO

A caracterização da ocupação de edificações da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** foi feita de acordo com a informação de colaboradores (funcionários) da edificação.

A Figura 4 apresenta o histograma da quantidade de funcionários das edificações analisadas no estoque.

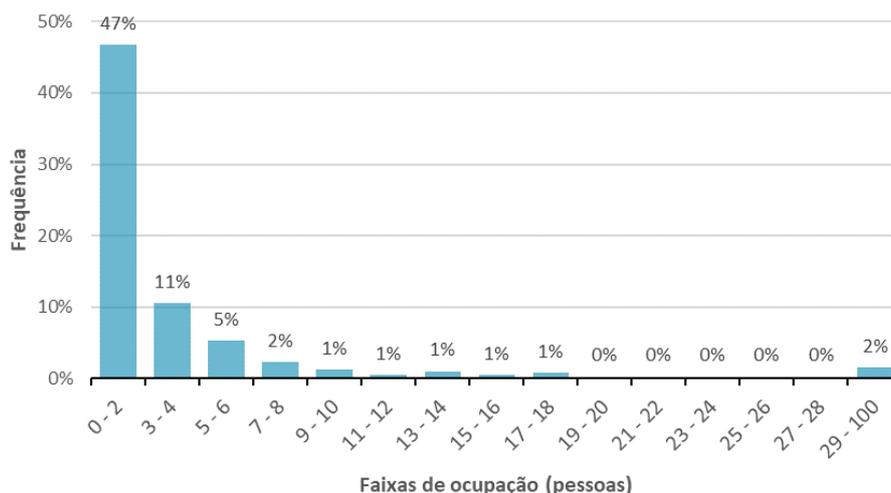


Figura 4 – Histograma da ocupação por funcionários.

A quantidade de edificações com até 6 funcionários corresponde a maior parte do estoque, cerca de 84% das edificações. Em média, uma edificação dessa tipologia possui 5 funcionários. Considerando-se como base a área construída média do banco de dados analisado e a quantidade média de funcionários, a densidade de ocupação é de 20 m² por pessoa.

Além disso, uma variável determinante para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** 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 um histograma dessa variável no estoque analisado. Percebe-se que a maior parte das edificações do estoque opera seis dias na semana (72%) – ou seja, de segunda a sábado.

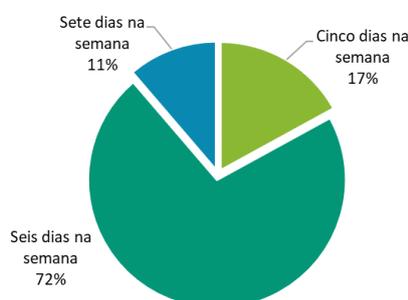


Figura 5 – Proporção do estoque em relação aos dias de operação.

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.

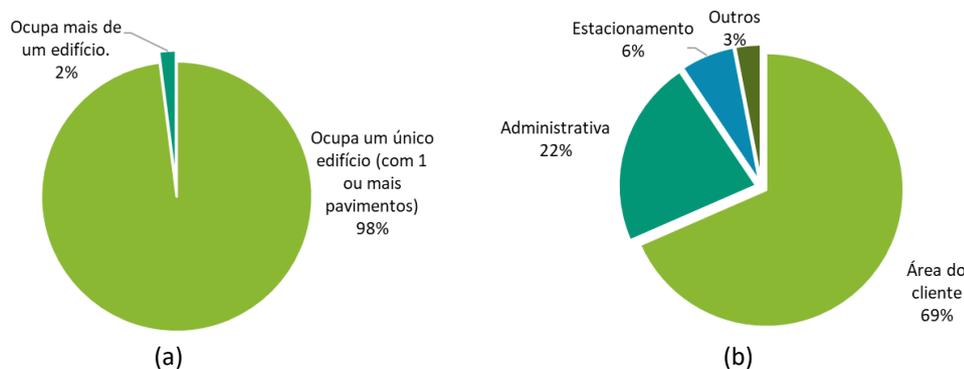


Figura 6 – Proporção do estoque em relação (a) ao número de blocos e (b) divisão dos usos do espaço interno.

A grande maioria das edificações analisadas para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** é composta por um único bloco, sendo que a maior parte da área interna da edificação é voltada para o atendimento de clientes (69%), provavelmente incluindo mostruário. Em seguida, a área administrativa é a mais representativa (22%).

A Figura 7 apresenta a proporção de edificações em relação ao número de pavimentos, sendo o valor mais frequente edificações de um pavimento. Quase todas as edificações analisadas no banco de dados do estoque são térreas ou ocupam apenas um pavimento.

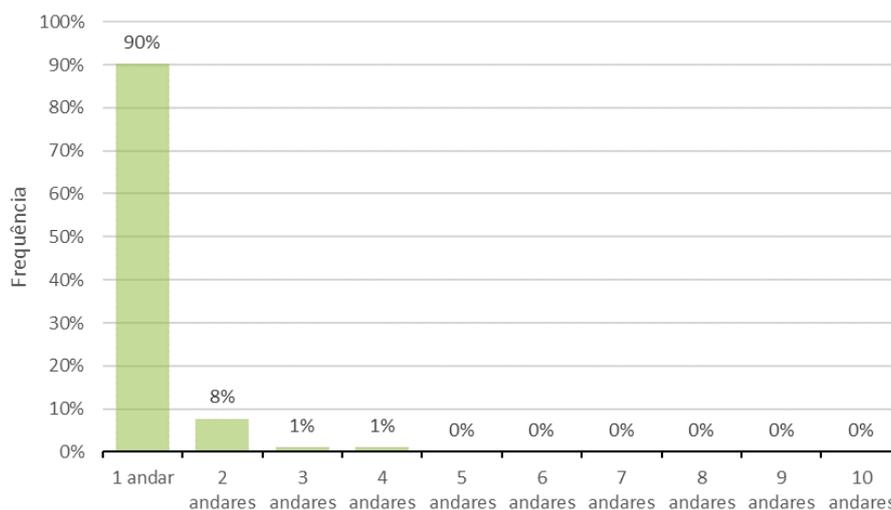


Figura 7 – Histograma do número de pavimentos das edificações.

Portanto, a partir das proporções de ocupação, número de pavimentos e área identificados no estoque, pode-se dizer que uma edificação de tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** típica é uma edificação de um pavimento, bloco único, de aproximadamente 98 m², ocupação média de 5 funcionários, e funciona durante seis dias da semana.

CARGAS ESPECIAIS

Poucas edificações do banco de dados analisado da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** apresentavam cargas especiais. Duas edificações reportaram elevadores como cargas especiais, representando cerca de 1% do estoque total, mas não foram disponibilizadas informações sobre uso ou potência instalada desses equipamentos.

Não foram disponibilizados dados de Centrais de Processamento de dados (CPDs) nesta base de dados.

INTENSIDADE DE USO DE ENERGIA (EUI)

O EUI médio para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** na amostra analisada foi de 83,8 kWh/m²/ano, com mediana 48,3 kWh/m²/ano, e desvio padrão de 103,92 kWh/m²/ano. A Figura 8 apresenta uma análise da distribuição desta variável neste caso, para cada edificação no banco de dados. A grande parte dos dados (59%) está centrada em consumo de zero a 60 kWh/m²/ano.

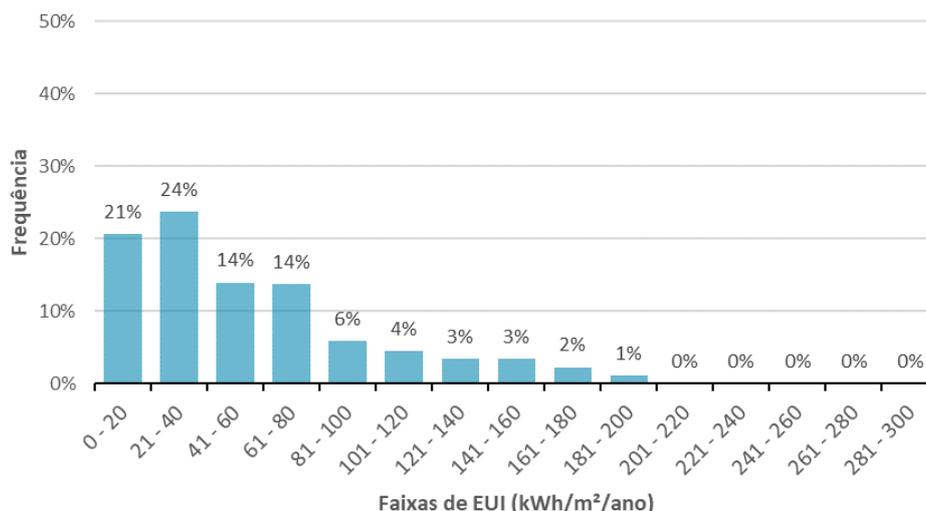


Figura 8 – Histograma da variável EUI.

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 5×10^{-6} (rejeitando-se a hipótese da normalidade). Porém, é possível observar que a variável segue uma distribuição que se assemelha à log-normal.

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.

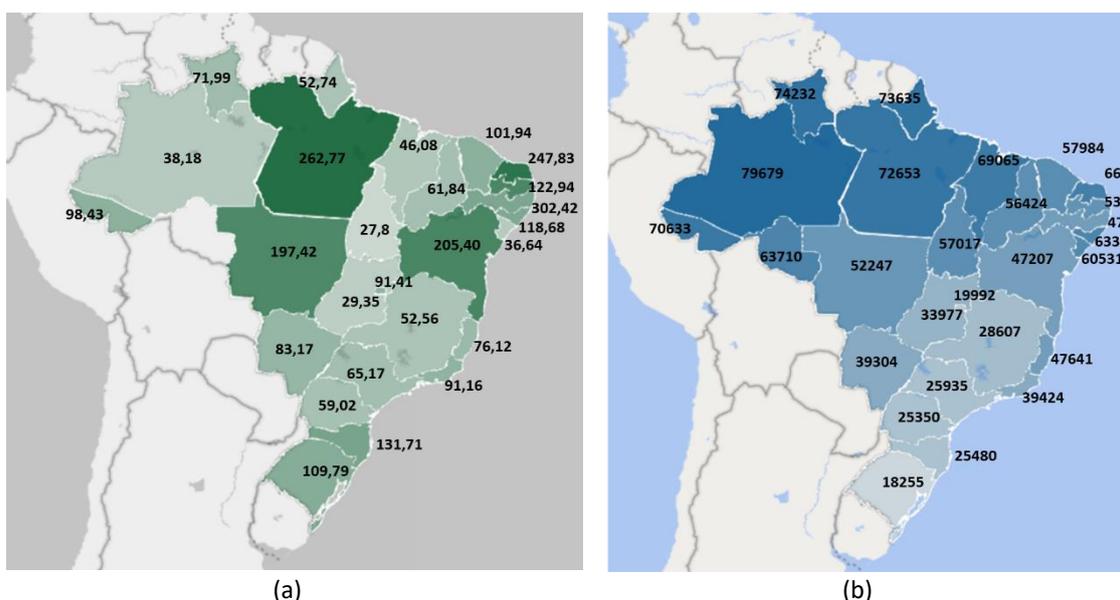


Figura 9 – Comparação entre (a) Média de EUI da amostra e (b) Média de GHR, por estado da federação brasileira.

A Figura 9 traz uma certa evidência de que os estados com maior GHR apresentam maior EUI médio, o que pode significar que o uso dos equipamentos de condicionamento de ar é influenciado diretamente

pelas condições climáticas. É possível verificar que em estados com expressivo alto GHR, como Pará, Mato Grosso e Bahia foram os que apresentaram maior EUI também.

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O padrão de uso da iluminação artificial para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** 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).

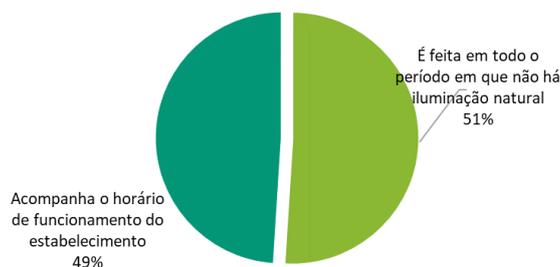


Figura 10 – Padrão de aproveitamento da iluminação natural.

Percebe-se que pouco mais da metade das edificações, cerca de 51% que apresentaram essa informação, aproveitam a iluminação natural durante o dia.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

A Figura 11 apresenta as características construtivas típicas da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte**.

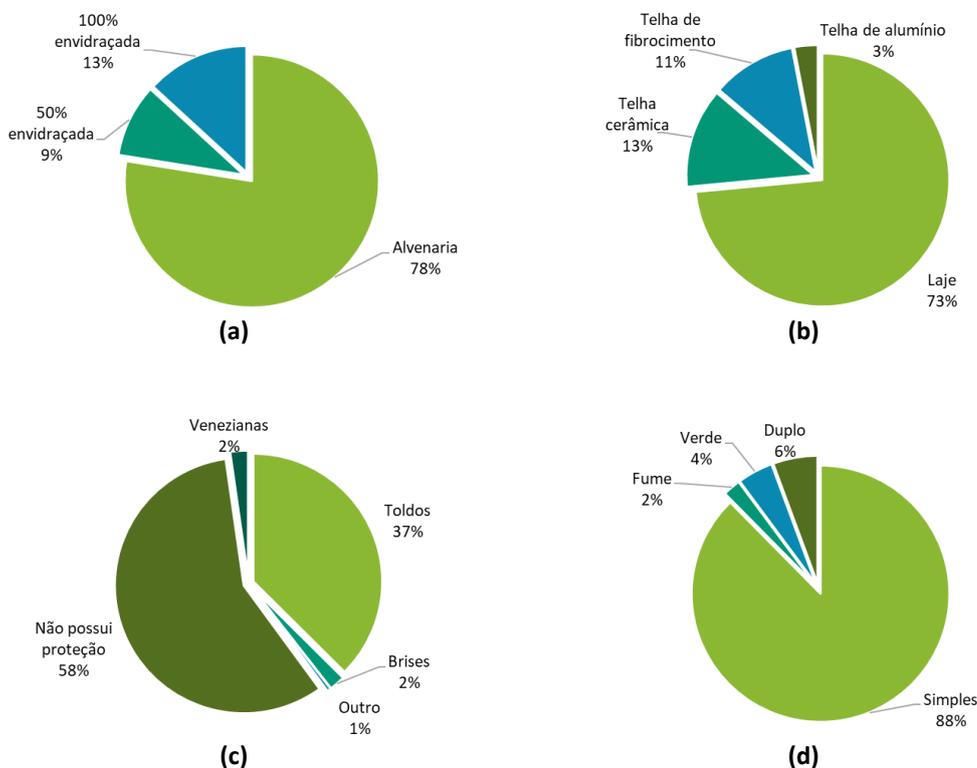


Figura 11 – Características construtivas típicas do estoque – Composição das (a) fachadas, (b) coberturas, (c) sombreamento das fachadas e (d) vidros externos.

As características construtivas das vedações externas (fachadas), coberturas, tipos de vidro 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 (78%), cobertura com laje (73%), não possuem elementos de sombreamento (58%), quando existente, o sombreamento é majoritariamente feito por meio de toldos (37%) e os vidros existentes são majoritariamente simples incolores (88%).

4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS

CARACTERÍSTICAS GERAIS

As três auditorias energéticas descritas a seguir foram realizadas a partir de visitas *in loco* em três edificações.

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

Tabela 3 – Dados principais das edificações auditadas.

Edificação	A	B	C
Número de Pavimentos	1	1	1
Município	Mauá	Paulínea	Indaiatuba
Estado	SP	SP	SP
Pé-Direito ¹ [m]	3,0	2,8	2,8
Perfil de ocupação ²	Monoussário	Monoussário	Monoussário
Dias de ocupação semanal	6	7	6
Área construída [m ²]	135,68	120,00	85,64
Área Útil [m ²] ³	135,68	120,00	85,64
Área Privativa [m ²] ⁴	11,25	20,00	N/D
Área Comum [m ²] ⁵	124,43	100,00	N/D
Área técnica [m ²]	0,00	0,00	0,00
Quantidade de funcionários [pessoas]	2	4	N/D
Taxa de Ocupação [%] ⁶	88%	83%	83%
Densidade de Potência de Iluminação [kWh/m ²]	5,33	16,43	4,43
EUI real [kWh/m ² /ano]	10,71	211,70	368,31

¹ Medida de piso a forro

² Monoussário - Único Locatário; Multiuossário - Diversos Locatários; Individual - Edifício único; Coletivo - Edifícios Corporativos.

³ Soma das áreas comuns e privativas, exclui áreas técnicas, garagens, jardim, depósitos e etc.

⁴ Soma das áreas privativas (Ex.: Quartos, Salas, Escritórios, etc.).

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

⁶ Relação entre a área efetivamente ocupada por funcionários e clientes 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 10,71 a 368,31 kWh/m²/ano. O EUI médio foi de 196,91 kWh/m²/ano. Este valor contrastou com o EUI médio identificado na análise do estoque, de 83,8 kWh/m²/ano, apresentando uma diferença de mais do que o dobro. Isso pode ocorrer dependendo do tipo de comércio que a edificação abriga. Por exemplo, a edificação “B” é uma drogaria, logo com cargas de tomada específicas para acondicionamento de remédios e alta densidade de potência de iluminação; a edificação “C” é um comércio de pescados e congelados, logo tem uma carga mais expressiva com equipamentos de refrigeração; e a edificação “A” é uma loja de materiais de construção.

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
Fornecimento de energia	Rede aérea de baixa tensão, subgrupo B3, modalidade tarifária convencional
AVAC	Sistema do tipo <i>Split On/Off</i> para área de atendimento ao público.
Iluminação	Luminárias com 2 lâmpadas tubulares tipo T8 Fluorescente de 32 W cada luminária; Lâmpadas LED e fluorescentes compactas em algumas áreas.
Aquecimento de água	Não observado.
Cargas de tomadas	Um computador por funcionário; televisores, bebedouros e antenas antifurto; copas com geladeira, micro-ondas e cafeteira. Dependendo do tipo de comércio, há mais cargas de tomadas dedicadas aos produtos.
Cargas específicas	Não observado.
CPDs	Não observado.
Gerador	Não observado.

As três edificações possuem formatos retangulares, pé direito médio 2,95 m e perfil de ocupação monousuário. Todas as edificações auditadas apresentaram um pavimento, em consonância com o que foi observado na análise do estoque do projeto META.

De modo geral, as edificações desta tipologia apresentam partido arquitetônico similar, com espaços funcionais parecidos: uma única área comum (que abriga área de atendimento e vendas); poucas áreas privativas (salas administrativas) e nenhuma área técnica.

Dentre as edificações auditadas, a área construída média é de 113,77 m², sendo 100% considerada área útil. A área construída média obtida na análise do banco de dados do estoque foi de 98,9 m², logo um valor próximo ao observado nas edificações auditadas. A proporção de área privativa média é de 12% da área útil, de área comum é de 88% e de área técnica não foi observada.

A Figura 12 apresenta a proporção das áreas comuns, privativas e técnicas de cada edificação auditada. Percebe-se que as áreas comuns constituem a maior parte em todas as edificações.

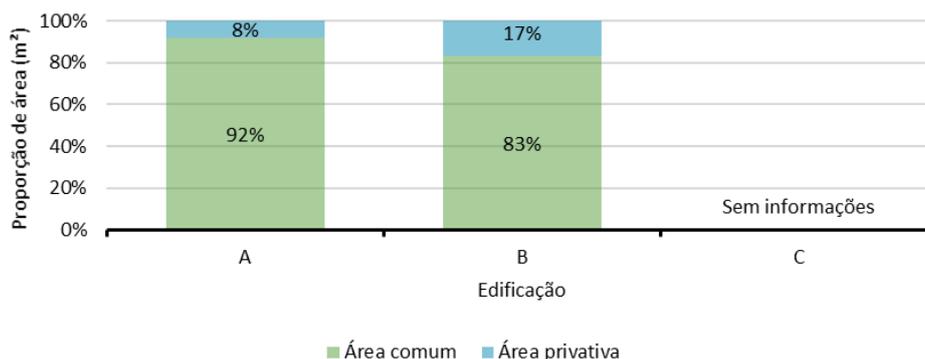


Figura 12 - Resumo das áreas das edificações auditadas.

OCUPAÇÃO

Duas edificações têm funcionamento em seis dias da semana e uma em sete dias da semana, similar ao que foi constatado na análise do estoque. A quantidade de dias de funcionamento semanal é uma variável importante para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte**, uma vez que influencia diretamente no consumo de energia.

Apenas duas edificações reportaram a quantidade de funcionários, a edificação “A” reportou possuir 2 funcionários (resultando em uma densidade de ocupação de 68 m² por pessoa) e a edificação “B” reportou 4 funcionários, resultando em uma densidade de ocupação de 30 m² por pessoa. Assemelhando-se à quantidade média de funcionários obtida na análise do estoque de 5 funcionários e densidade de ocupação de 20 m² por pessoa.

A relação entre área total e áreas efetivamente ocupadas das edificações auditadas (taxa de ocupação) variou pouco, ficando entre de 83 a 88% (Figura 13).

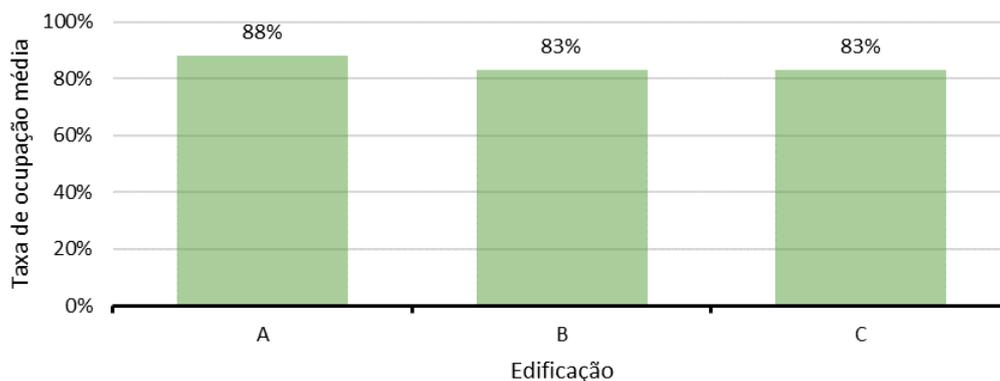


Figura 13 – Taxa de ocupação das edificações auditadas

CARGAS ESPECIAIS

Para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** não foram encontradas cargas especiais ou cargas referentes a processamento de dados. Todas as cargas foram consideradas como cargas de tomada.

CONDICIONAMENTO DE AR

Em termos de equipamentos de condicionamento de ar para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte**, a densidade de refrigeração média das edificações auditadas foi de 450,0 BTU/h/m², considerando a área condicionada total. A Tabela 5 apresenta a síntese da potência dos sistemas de condicionamento de ar para as edificações auditadas.

Tabela 5 - Lista de equipamentos do sistema de condicionamento de ar nas edificações auditadas.

Edifício	Tipo de equipamento	Ambiente	Potência instalada [BTU/h]
A	Não possui	-	-
B	Split On/Off	- Ambiente da loja	54.000
C	Não possui	-	-

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 de condicionamento de ar 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 14 apresenta os resultados dessa estimativa e o quanto o consumo com os sistemas de condicionamento de ar representam no consumo total de cada edificação.

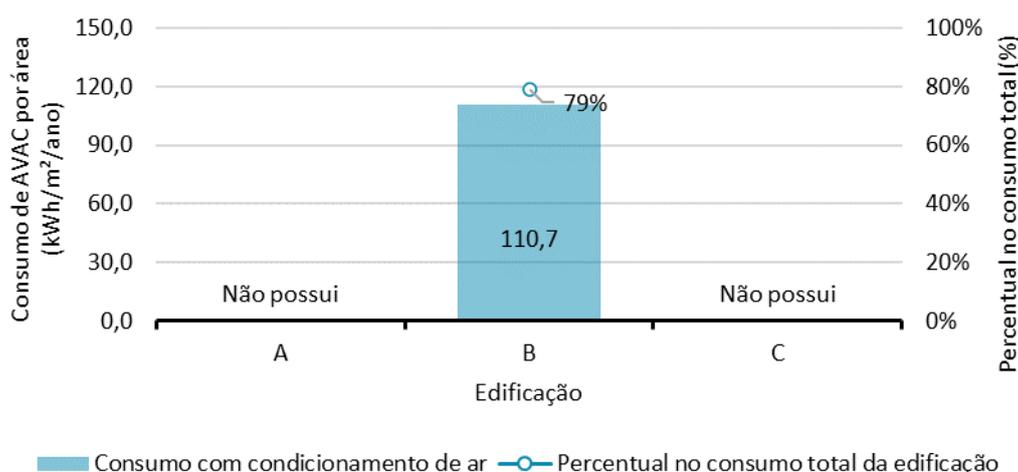


Figura 14 - Proporção do consumo dos sistemas de condicionamento de ar em relação ao consumo total nas edificações auditadas.

Percebe-se que o condicionamento de ar é uma parcela expressiva no consumo total da edificação “B”, representando 79% do consumo total (110,7 kWh/m²/ano). As auditorias evidenciaram que não é comum a presença de um sistema central de condicionamento de ar, do tipo *self-contained*. Majoritariamente, as edificações auditadas apresentaram sistema do tipo individualizados *splits* dedicado em todas as áreas condicionadas.

ILUMINAÇÃO

Com relação ao sistema de iluminação da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte**, verificou-se majoritariamente o uso de luminárias com duas lâmpadas tubulares tipo T8 Fluorescente de 32 W (32 W/luminária), lâmpadas LED e fluorescentes compactas em algumas áreas. A Figura 15 apresenta o consumo com iluminação e a proporção do seu respectivo consumo no consumo total da edificação.

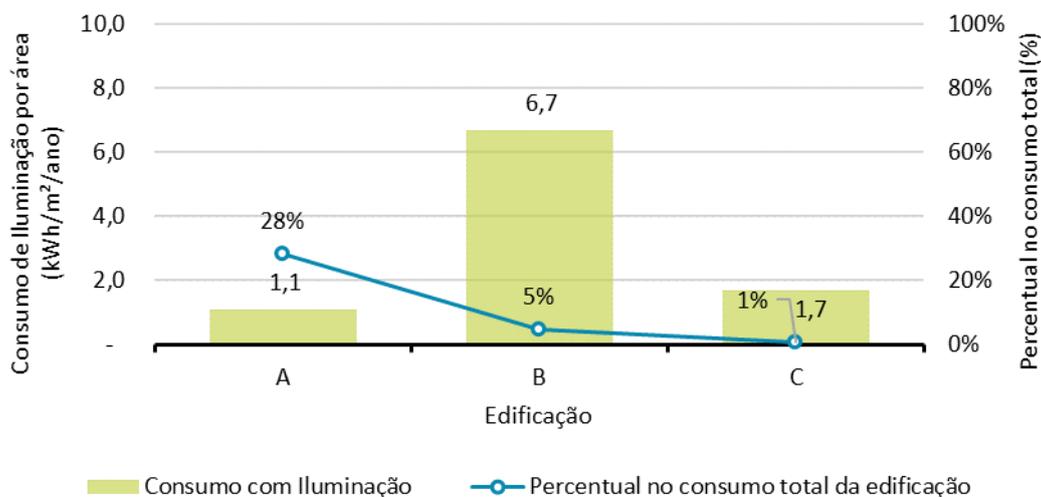


Figura 15 – Proporção do consumo de iluminação para as edificações auditadas.

Há uma variação considerável entre os consumos por área com iluminação, variando de 1,1 a 6,7 kWh/m²/ano e, também, destes consumos em relação aos consumos totais anuais das edificações, variando de 1 a 28%. Observou-se na edificação “B” uma densidade de potência de iluminação muito elevada e que justificaria o consumo expressivo observado.

CARGAS DE TOMADA

Cargas de tomada na tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** 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 registrados no levantamento de dados. A Figura 16 apresenta o consumo com cargas de tomada e a proporção desse uso final no consumo total de cada edificação.

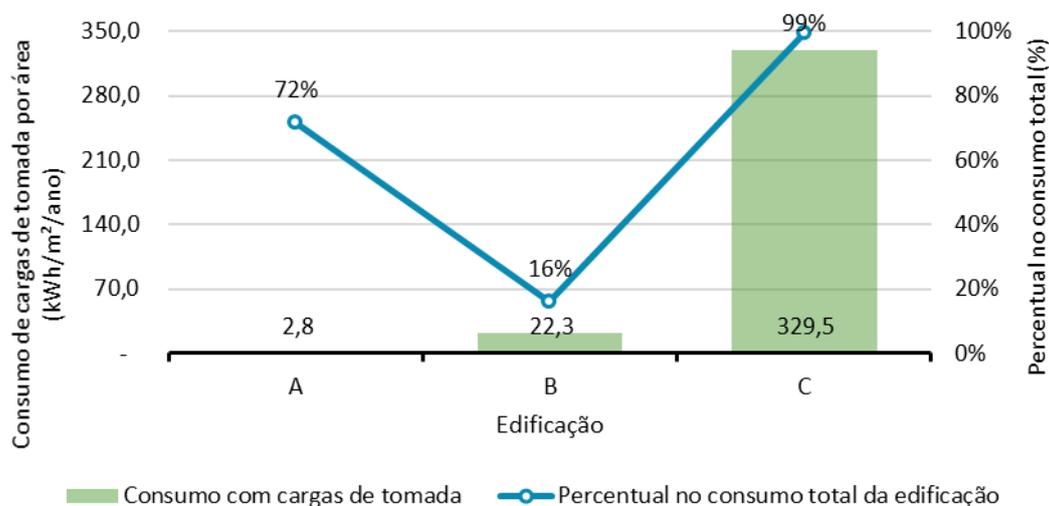


Figura 16 – Proporção do consumo de energia para cargas de tomada para as edificações auditadas.

É possível perceber que a proporção das cargas de tomada no consumo total da edificação apresentou variação significativa entre edificações. Percebe-se uma grande discrepância nos valores de consumo de energia entre as edificações “A” e “B” e a edificação “C”, sendo este fato atribuído por tratar-se de comércio de pescados e congelados, com grande quantidade de equipamentos refrigeradores e freezers,

ligados ininterruptamente, logo impactando expressivamente no consumo total da edificação e sendo responsável por 99% do consumo total desta edificação.

Dessa forma, é possível afirmar que a simplificação das cargas de tomada nesta tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** não é algo trivial, uma vez que é extremamente dependente do tipo de produto ou serviço prestado pelo estabelecimento.

ANÁLISE DOS USOS FINAIS

A Figura 17 apresenta a síntese dos consumos anuais por área construída dos principais sistemas das edificações da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** auditadas e calculados por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO.

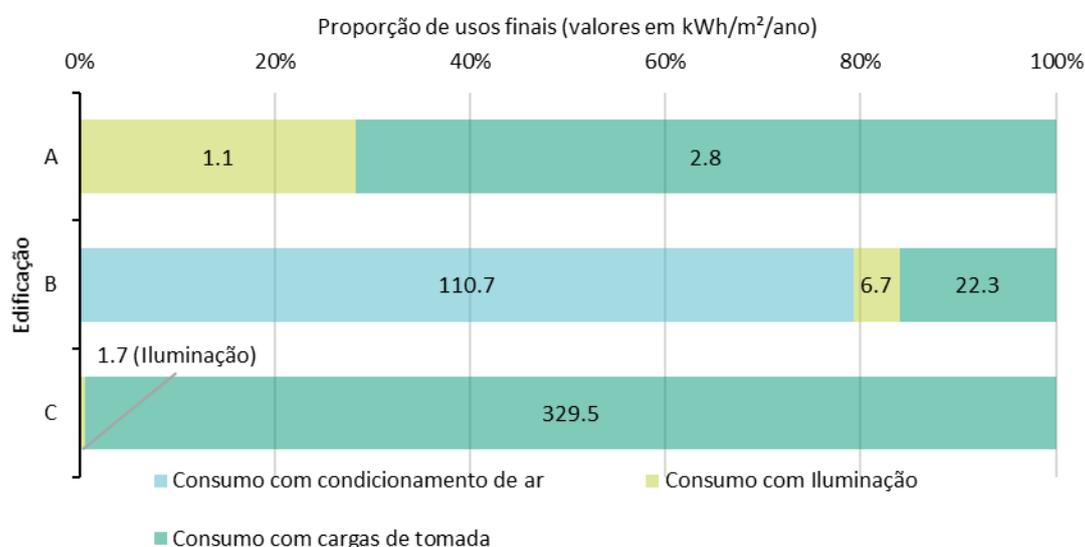


Figura 17 – Proporção e valores dos usos finais por área construída das edificações auditadas
 Nota: Pela dificuldade de visualização de cores, salientamos que o valor de 1,7 kWh/m2/ano corresponde a 1% do consumo com iluminação na edificação “C”

É possível perceber que o consumo com sistemas de condicionamento de ar é o uso final com maior importância na edificação que possui este sistema (edificação “B”), representando cerca de 79% do consumo total dessa edificação. O consumo com iluminação variou de 1 a 28% do consumo total das edificações, sendo estas informações insuficientes para a determinação de um padrão.

Com relação ao consumo com cargas de tomada, este uso final foi expressivo na edificação “C”, que representou cerca de 99% do consumo total da edificação. Reitera-se aqui a variabilidade desse uso final em relação ao tipo de produto ou serviço que a edificação abriga.

Conclui-se que, dependendo da atividade exercida pelo estabelecimento, os usos finais podem variar significativamente e impactar substancialmente no consumo total da edificação.

5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS

VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E VARIÁVEIS RELEVANTES

O arquétipo desenvolvido e detalhado no relatório **RT2B.08**, adotado nas simulações para determinação dos *benchmarks* desta tipologia, foi confrontado com os resultados desta análise do estoque e das auditorias energéticas.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 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 a 2	1	1
Subsolos	0	0	0
Pé-Direito[m]*	-	2,87	3,2
Formato	-	Retangular	Retangular
Sombreamento	-	Sem sombreamento	Marquise frontal
Perfil de Ocupação	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Turnos	7 dias na semana	6 dias na semana	7 dias na semana
Área Construída [m ²]	Média= 98,9	113,77	200,00
	Mediana = 75,00		
Área Privativa [%]	-	12 %	0%
Área Comum [%]	-	88%	100%
Área Técnica [%]	-	0%	0%
Ocupação [m ² por pessoa]	22	1,5 e 68	7

* Medida de Piso a forro;

O modelo do arquétipo do CBCS foi constituído por uma edificação de um pavimento. As dimensões do modelo são 10 m x 20 m x 3,2 m e a edificação é do tipo monousuário, sem divisões físicas internas, com quatro zonas térmicas e uma área total de 200 m², com 100% da edificação dedicada à área comum. A composição da planta do arquétipo foi simplificada para considerar a ocupação prioritária que é a Área de Vendas.

Quanto à ocupação, devido à significativa variação, tanto no estoque quanto nas auditorias, foi adotada uma ocupação de acordo com a norma ABNT 16401-3 / 2008, que recomenda que a densidade de ocupação máxima esperada em uma edificação típica de comércio de pequeno porte seja de 15 pessoas a cada 100 m², totalizando 30 pessoas para esta área considerada.

O tipo de vidro considerado foi vidro simples ($U_{\text{vidro}} = 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ e fator solar de 0,87).

E, como esta tipologia apresenta grande variação de uso e a quantidade e potência instalada de equipamentos variam significativamente, três cenários de diferentes densidades de potência de equipamentos foram considerados.

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

- **Iluminação:** Um cenário com Densidade de Potência de Iluminação (DPI) médio de 21,9 W/m² e outro cenário com DPI médio de 11,4 W/m²;
- **Densidade de Potência de Equipamentos:** Três cenários, sendo um com potência instalada de 40 W/m², outro com potência instalada de 20 W/m² e outro com potência instalada de 3W/m²;
- **Entorno:** Um cenário com paredes e coberturas expostas e outro cenário com paredes e coberturas adiabáticas;
- **Cor da envoltória:** Um cenário considerando cores mais escuras (absortância = 0,7) e outro cenário considerando cores mais claras (absortância = 0,3);
- **Envoltória:** Um cenário considerando paredes e coberturas menos eficientes ($U_{\text{parede}} = 3,85$ W/m²K, $U_{\text{cobertura}} = 2,09$ W/m²K) e outro cenário considerando paredes e coberturas mais eficientes ($U_{\text{parede}} = 2,55$ W/m²K, $U_{\text{cobertura}} = 1,01$ W/m²K);
- **Orientação solar:** Quatro cenários, sendo a fachada principal voltada para as quatro orientações Sul, Oeste, Norte e Leste;
- **Tipo de sistema de condicionamento de ar:** Três cenários, sendo um com splits convencional (EER = 3,40 W/W), outro com split inverter (EER = 3,27 W/W) e outro com ventiladores, ou seja, sem condicionamento de ar artificial;
- **Renovação de ar:** Um cenário com renovação de ar sem barreira (13,8 ach), outro cenário com renovação de ar a partir de portas automáticas (4,4 ach) e outro cenário considerando cortina de ar (0,6 ach).

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 nas três auditorias realizadas em duas das três equações de *benchmark* desenvolvidas para esta tipologia: as edificações A e C foram calculadas com a equação para edificações sem sistema de ar condicionado e a edificação B foi calculada com a equação final para cidades com GHR menores que 54 mil. As três equações estão detalhadas no relatório **RT2B.08** e consideram as seguintes variáveis:

- 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) ILUM – Densidade de potência de iluminação instalada (W/m²);
- d) EQUI – Densidade de potência de equipamentos instalados (W/m²);
- e) ENTO – Condição de entorno (1 – exposto; 2 – adiabático);
- f) RENO – Renovação de ar (0,6 – cortina de ar; 4,4 – porta automática; 13,8 – sem barreira).

A Figura 18 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.

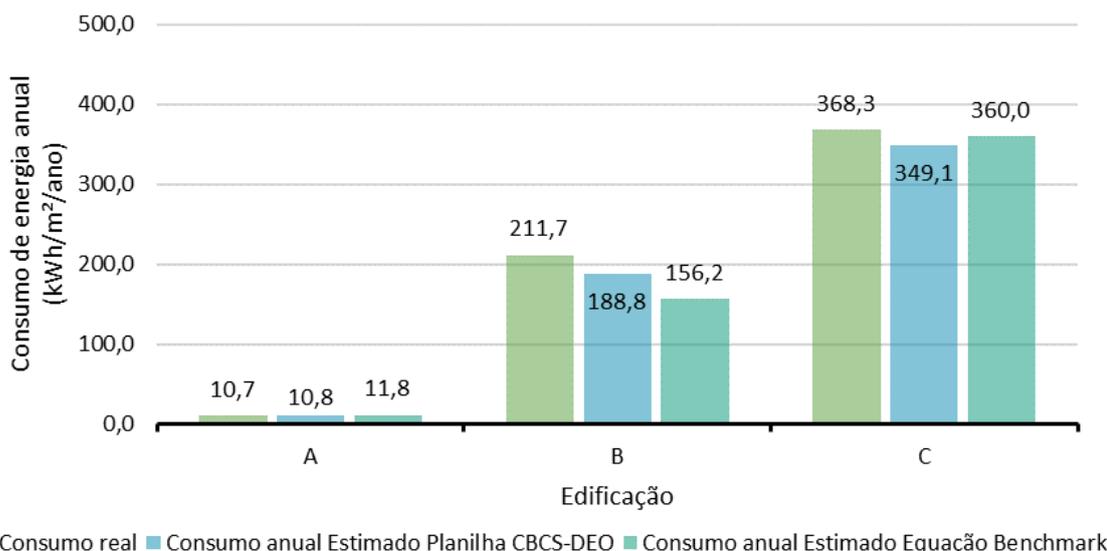


Figura 18 – Comparação do consumo real e consumos estimados pela Planilha CBCS-DEO e pela equação de benchmark desta tipologia

A diferença entre o consumo estimado pela planilha CBCS-DEO e o consumo real variou de 1% maior a 5% menor. Essas diferenças são pequenas e aceitáveis dentro das variações possíveis quando se utiliza uma estimativa para se comparar com a realidade.

Em relação à estimativa pela equação de *benchmark*, o consumo real apresentou diferenças de 2% maior a 26% menor. Apesar de haver a incerteza inerente ao processo de estimativa, que pode acarretar variações expressivas por motivos de diferenças em operação dos sistemas e variações climáticas, pode-se dizer que as estimativas do consumo total anual para a tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** são coerentes e resultam em valores próximos aos valores reais das edificações analisadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Comércio de Pequeno Porte** a partir da análise de dados do estoque de edificações (com 401 dados completos e tratados, cobrindo 24 Unidades Federativas brasileiras), e da análise de auditorias energéticas realizadas em três edificações em cidades distintas em um único Estado.

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. Uma das edificações auditadas, no entanto, apresentou diferença entre o consumo real e o consumo calculado pela equação de *benchmark* de 26% a menos. Justifica-se a diferença pela natureza estocástica do processo de estimativa, do qual espera-se variações decorrentes de diferenças na operação e aleatoriedades que ocorrem na prática.