



CBCS

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

RT2A.02: Relatório de Auditorias Energéticas - Tipologia de Hotel do tipo Resort

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 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 Hotel do tipo Resort.

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA.....	2
Método geral adotado para o convênio	3
2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE.....	5
Características gerais.....	6
Ocupação.....	8
Cargas especiais	9
Intensidade de Uso de Energia (EUI).....	10
Iluminação artificial.....	11
Características construtivas	12
4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS	13
Características gerais.....	13
Ocupação.....	15
Cargas especiais	15
Condicionamento de ar.....	16
Iluminação.....	17
Cargas de tomada.....	18
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	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23

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 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.

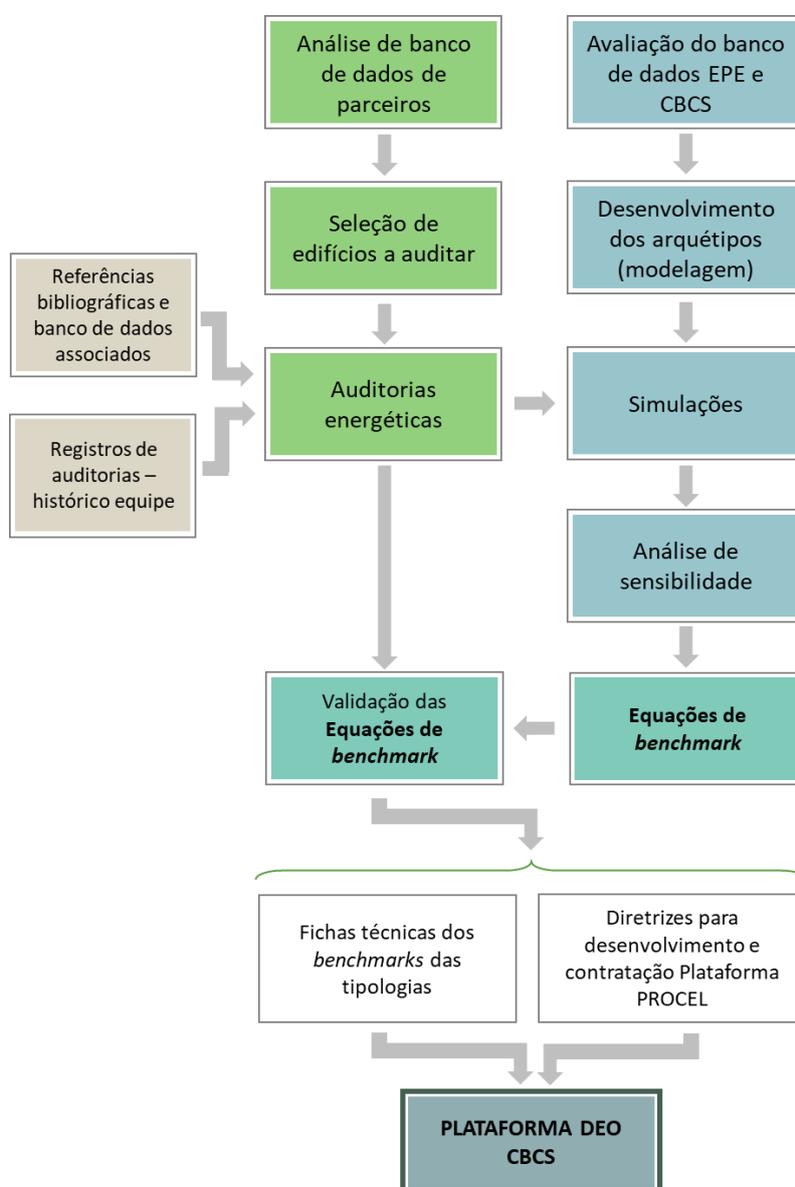


Figura 1 - Método aplicado pelo CBCS para o desenvolvimento dos benchmarks no âmbito deste convênio

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Hotel do tipo Resort** 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.

Inicialmente, a análise de banco de dados foi feita para a tipologia original proposta para este convênio e denominada **Hotel de Grande Porte e Resort**. Desta forma, foram estudadas as 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. Por esta razão, apesar da tipologia final ter sido definida como **Hotel do tipo Resort**, este relatório, ao apresentar a análise dos dados do estoque, a faz com referência à tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**.

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

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;

técnicas em algumas tipologias não puderem 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;
- 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 foi realizada inicialmente para a caracterização da tipologia de **Hotel de Grande Porte e Resort**, tal como definida na proposta original deste convênio. O recorte feito nas amostras descritas no projeto META, para definir cada uma das três tipologias de hotel previstas no convênio, procurou considerar os seus portes, em termos de número de quartos e área total, sendo separados para a análise da tipologia de Grande Porte e Resort aqueles com número de quartos superior a 200 unidades, mas também com áreas superiores a 3.500 m². No entanto, como a base de dados do META para hotelaria possui uma classificação diferente, agrupando as edificações em "HOTEL", "POUSADA", "RESORT" e "MOTEL", ao realizar este recorte da amostra, entendeu-se que os dados de edifícios mais semelhantes à tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort** seriam aqueles classificados na sua categoria "RESORT", pelo fato dela conter os edifícios com maior número de quartos e área construída.

Também foi considerado o compartilhamento voluntário de dados do estoque de parceiros, compondo, de modo geral, um estoque com edificações em sua maioria do tipo Resort.

Adicionalmente, especialmente em virtude da configuração predominantemente horizontal do arquétipo escolhido para o desenvolvimento das equações de *benchmark* desta tipologia, optou-se por alterar a sua nomenclatura de **Hotel de Grande Porte e Resort** para apenas **Hotel do tipo Resort**.

O banco de dados do estoque apresenta informações pertinentes à caracterização construtiva e ao consumo de energia, com dados de edificações em 4 das 27 unidades federativas brasileiras. A amostra é constituída por dados de 8 unidades de edificações, representando edificações de hospedagem que tem capacidade para receber grande volume de hóspedes. Nesta amostra, há informações de área construída e consumo de energia de edificações do estado de São Paulo, Bahia, Espírito Santo e Distrito Federal.

Filtros para a retirada de valores espúrios de área construída e consumo de energia foram aplicados na amostra bruta, mas nenhum valor foi considerado espúrio. Destas 8 unidades, 6 apresentaram informações mais completas, contendo as seguintes variáveis: idade de construção, quantidade de funcionários, quantidade de quartos, consumo por quarto e informações sobre lavanderia.

Dados de auditorias energéticas de três edifícios com auditorias energéticas realizadas durante o convênio são analisados e apresentados separadamente neste relatório, sendo uma das auditorias realizadas in loco e as outras duas reportadas pelo proprietário parceiro. A Tabela 1 apresenta o resumo dos dados disponíveis do estoque e que foram analisados.

Tabela 1 - Resumo dos dados analisados do estoque para a tipologia original de Hotel de Grande Porte e Resort

RESUMO DO BANCO DE DADOS	
Amostra bruta	8 unidades
Amostra tratada (sem valores espúrios)	8 unidades
Amostra selecionada (dados completos)	6 unidades
Unidades Federativas contendo dados	4
Variáveis Contidas	– Dados básicos (Estado, município e parceiro);
	– Área construída;
	– Histórico consumo total de energia (12 meses)
	– Idade de construção;
	– Quantidade de funcionários;
	– Quantidade de quartos;
	– Uso da lavanderia
Auditorias energéticas	3 unidades

CARACTERÍSTICAS GERAIS

A Tabela 2 apresenta as medidas de síntese estatística da amostra selecionada para a tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**.

Tabela 2 – Medidas de síntese das variáveis do estoque para a tipologia original de Hotel de Grande Porte e Resort

VARIÁVEIS	VALOR MÍN.	1° QUARTIL (25%)	MEDIANA (50%)	MÉDIA	3° QUARTIL (75%)	VALOR MÁX.
Ano de construção	1985	1993	1999	1997	2003	2003
Número de Funcionários	42	58	95	103	113	220
Número de Funcionários/100 m ²	0,26	0,51	1,09	0,96	0,96	1,49
Número de Quartos	231	276	298	318	364	427
Número de Geladeiras e Freezers	4	8	12	12	16	20
Número de quartos /100m ²	1	2	3	3	4	8
Área Total [m ²]	3.500,0	8.475,0	17.284,7	17.298,7	25.784,4	30.000,0
EUI [kWh/m ² /ano]	86,1	109,1	136,9	164,3	210,4	291,4

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

164,3 kWh/m²/ano, variando de 109,1 a 210,4 kWh/m²/ano entre o primeiro e o terceiro quartil. Nota-se que o valor máximo é bastante elevado em relação à média.

Com relação à área construída, a amostra apresenta uma média de 17.298,7 m², mediana de 17.284,7 m² e desvio de padrão de 10.687,36 m². O elevado desvio padrão pode ser justificado pela variedade de edificações e pela pequena amostra. A Figura 2 apresenta as áreas construídas das edificações da base de dados.

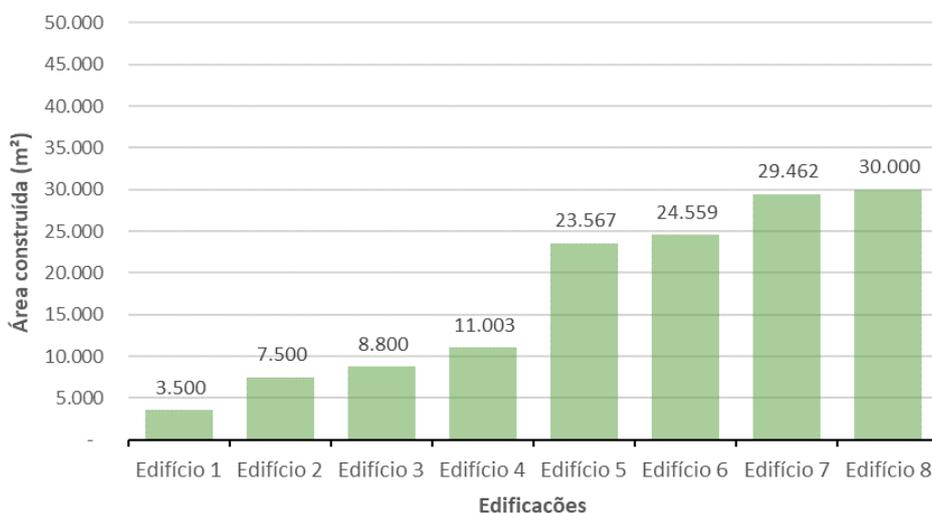
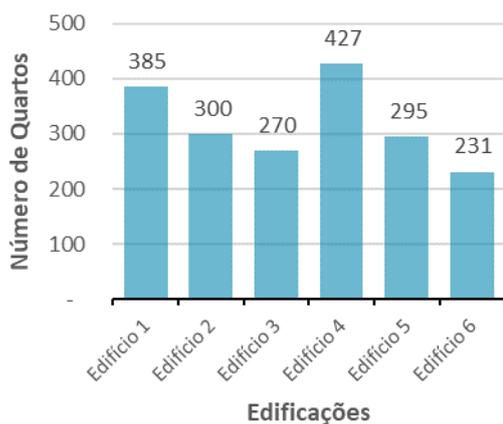
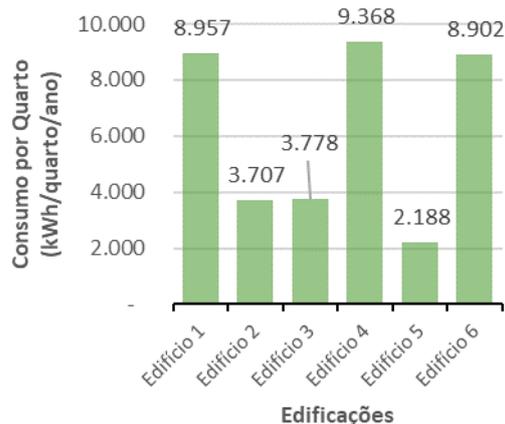


Figura 2 – Áreas construídas da amostra

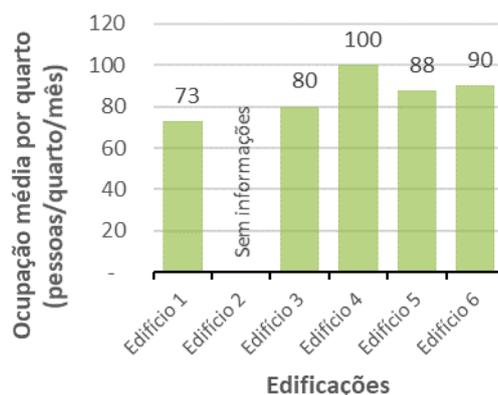
Além da área construída, algumas características físicas ou de sistemas são determinantes para o consumo de energia. Especificamente para a tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**, a quantidade de quartos, o consumo por quarto e a ocupação média por quarto foram identificados como sendo estes fatores, dentre as demais variáveis presentes na base de dados. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o comportamento das variáveis importantes que caracterizam esta tipologia para as seis edificações que apresentaram essas informações.



(a)



(b)



(c)

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

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra que para a tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**, a quantidade média de quartos é de 318 quartos, com consumo de energia médio anual de 6.150 kWh/quarto/ano. A ocupação média mensal nos quartos é de 72 hóspedes por quarto por mês, considerando as edificações avaliadas na amostra.

OCUPAÇÃO

A ocupação da tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort** é uma variável composta por duas parcelas: os funcionários e os hóspedes. A ocupação de hóspedes é apresentada na Figura 3.c e a Figura 4 apresenta o histograma da quantidade de funcionários das edificações analisadas no estoque.

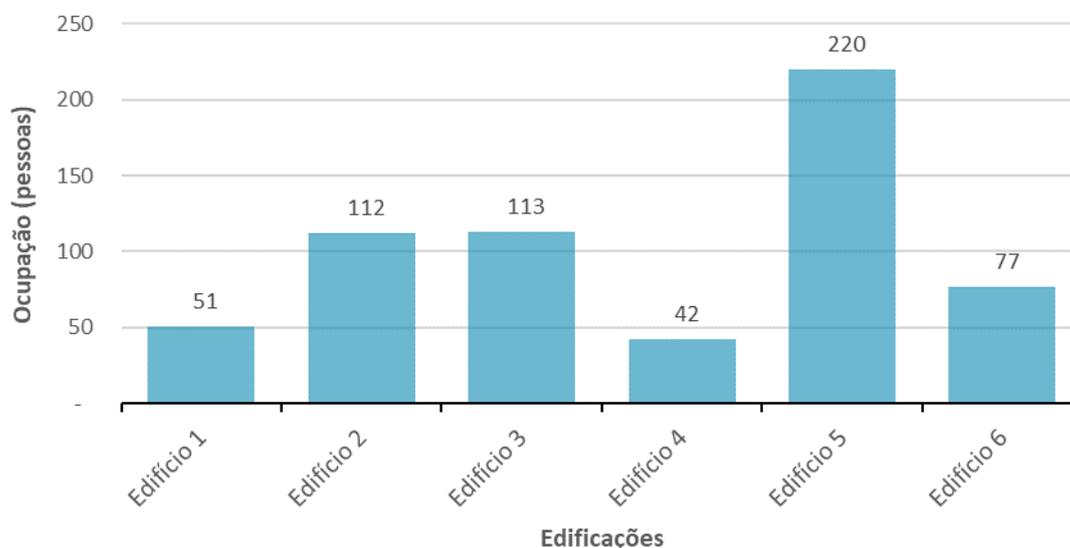


Figura 4 – Histograma da ocupação por funcionários

A ocupação média de funcionários é de 103 pessoas, que corresponde a uma densidade de ocupação por funcionários de 168,77 m² por funcionário. Considerando a ocupação média de hóspedes acrescida da ocupação média de funcionários (Figura 3.c), a densidade de ocupação total desta tipologia é de 20,04 m² por pessoa.

Com relação à forma de ocupação do edifício, toda a amostra ocupa um único edifício.

E, em relação à operação do edifício, todos os edifícios têm operação contínua, 24 horas por dia, sete dias por semana.

A Figura 5 apresenta a quantidade de pavimentos de cada uma das edificações do banco de dados do estoque. É possível perceber uma variabilidade no número de pavimentos das edificações, com média de 7 pavimentos.

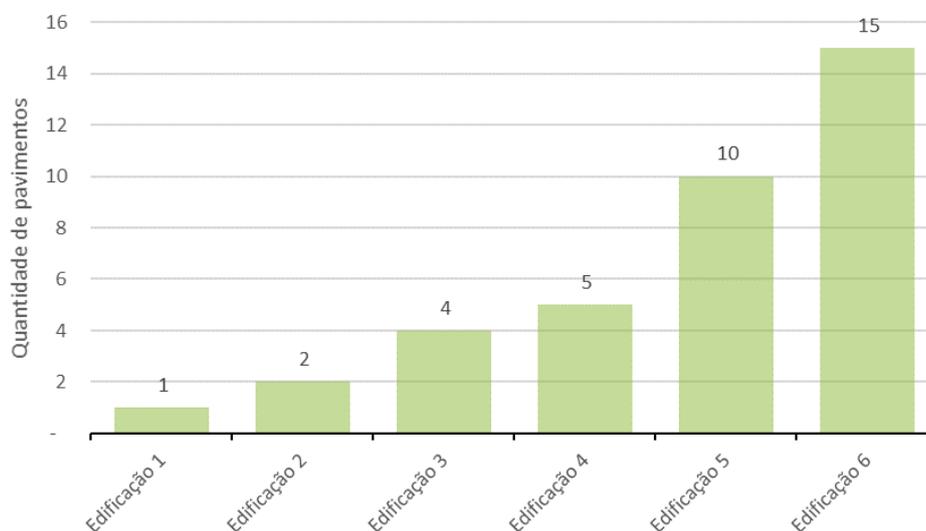


Figura 5 – Número de pavimentos das edificações

Portanto, a partir dos dados coletados no estoque, pode-se dizer que uma edificação da tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort** típica é uma edificação composta por diversos pavimentos, bloco único, aproximadamente 17.500 m² de área construída, ocupação média de 100 funcionários e 318 quartos, com operação 24 horas por dia, 7 dias por semana.

CARGAS ESPECIAIS

Poucas edificações do estoque analisado apresentavam cargas especiais. Para a tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**, foi reportada a presença de lavanderias, que são equipamentos com alto consumo de energia unitário. A Figura 6 apresenta a proporção das edificações que possuem esses equipamentos e o padrão de uso das lavanderias das edificações que reportaram esse tipo de equipamento.

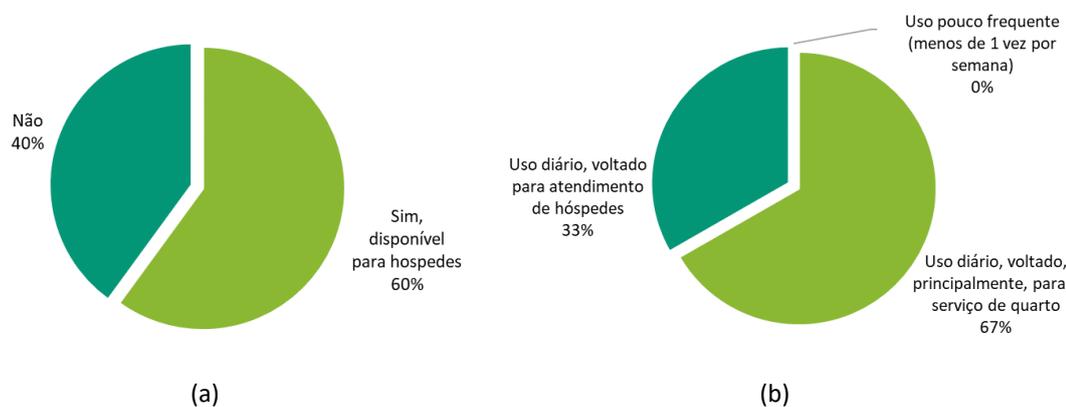


Figura 6 – Cargas especiais: (a) Proporção de edificações que possuem lavandeiras e (b) padrões de uso de lavanderias

Nota-se que a maior parte das edificações possui lavanderia, de forma disponível para os hóspedes, utilizada diariamente, especialmente para o serviço de quarto. Não foram disponibilizadas informações de potência dos equipamentos e da capacidade dos mesmos para uma análise mais precisa.

Não foram obtidos dados de Centrais de Processamento de dados (CPDs) na base de dados analisada.

INTENSIDADE DE USO DE ENERGIA (EUI)

O EUI médio para a tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort** na amostra analisada foi de 164,3 kWh/m²/ano e mediana 136,9 kWh/m²/ano, com um desvio padrão de 74,6 kWh/m²/ano. A

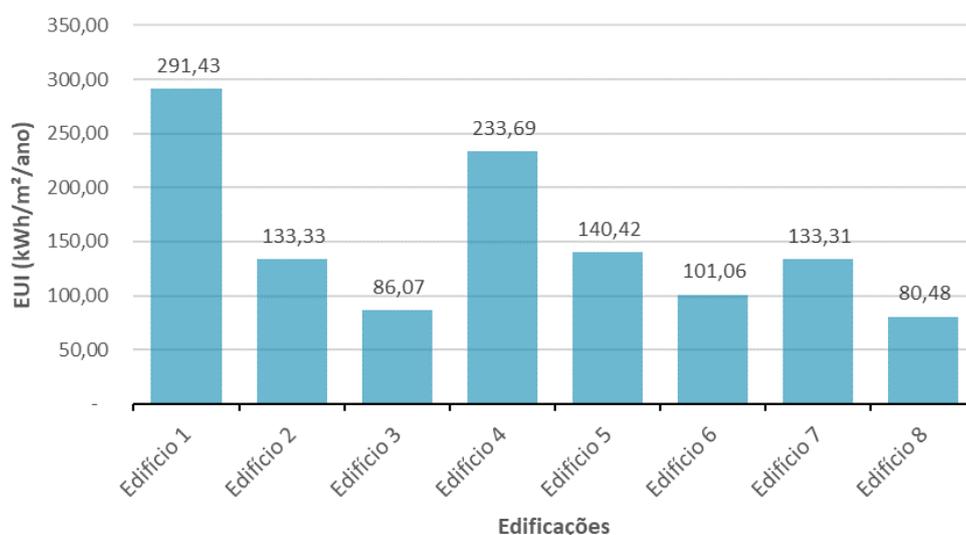


Figura 7 apresenta uma análise da distribuição desta variável neste caso, para cada edificação no banco de dados.

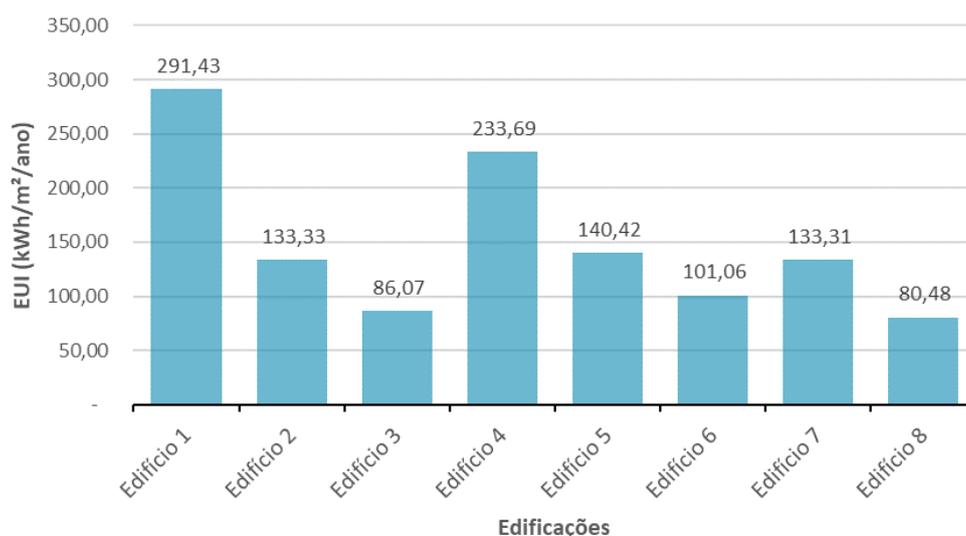


Figura 7 – Histograma da variável EUI

Como a amostra de dados é muito pequena, não se pode fazer o teste de verificação de distribuição estatística. No entanto, nota-se uma variação significativa do EUI dentre os edifícios da amostra.

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

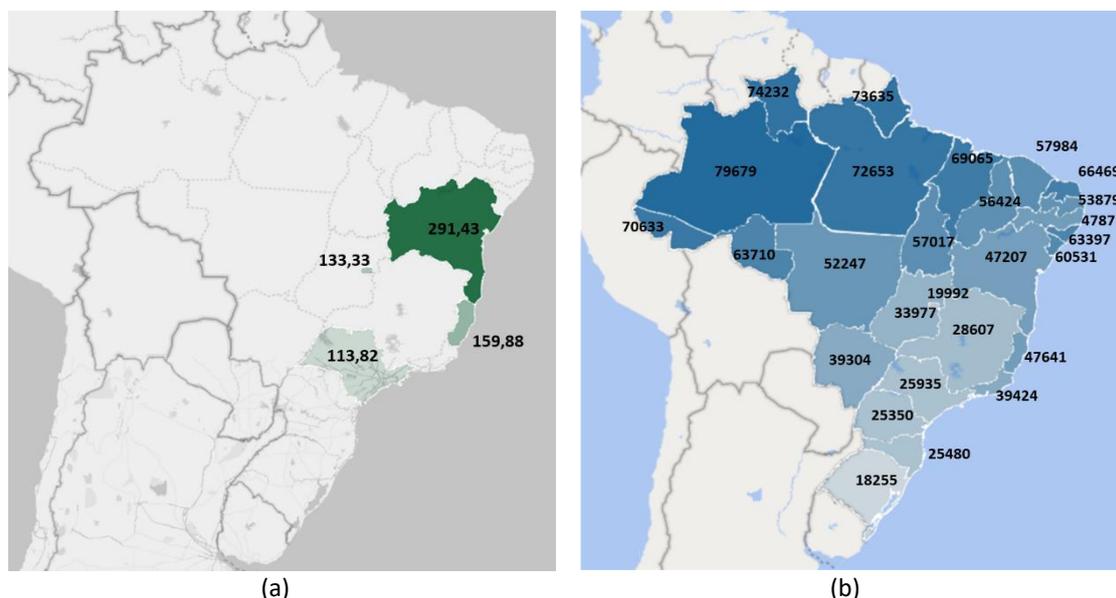


Figura 8 – Comparação entre (a) Média de EUI da amostra e (b) Média de GHR, por estado da federação brasileira.

A Figura 8 evidencia que o estado da Bahia, dentre os estados da amostra, possui alto GHR e média de EUI expressivamente maior em relação aos demais estados. O estado do Espírito Santo, apesar de alto GHR, não apresentou EUI maior que os demais. Esta relação pode indicar que o consumo de energia com o sistema de condicionamento de ar representa um impacto significativo no consumo total da edificação, mas que o modo de uso também deve ser considerado. Ressalta-se que a Figura 8.a apresenta apenas o EUI médio nos estados brasileiros dos quais o banco de dados havia informações (4 unidades federativas).

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O padrão de uso da iluminação artificial para a tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort** 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 9).

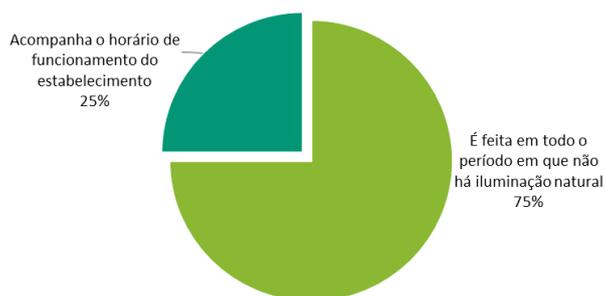


Figura 9 – Padrão de aproveitamento da iluminação natural.

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 75% das edificações reportaram utilizar iluminação artificial apenas quando não há iluminação natural disponível. Em seguida, 25% 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 10 apresenta as características construtivas típicas da tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**.

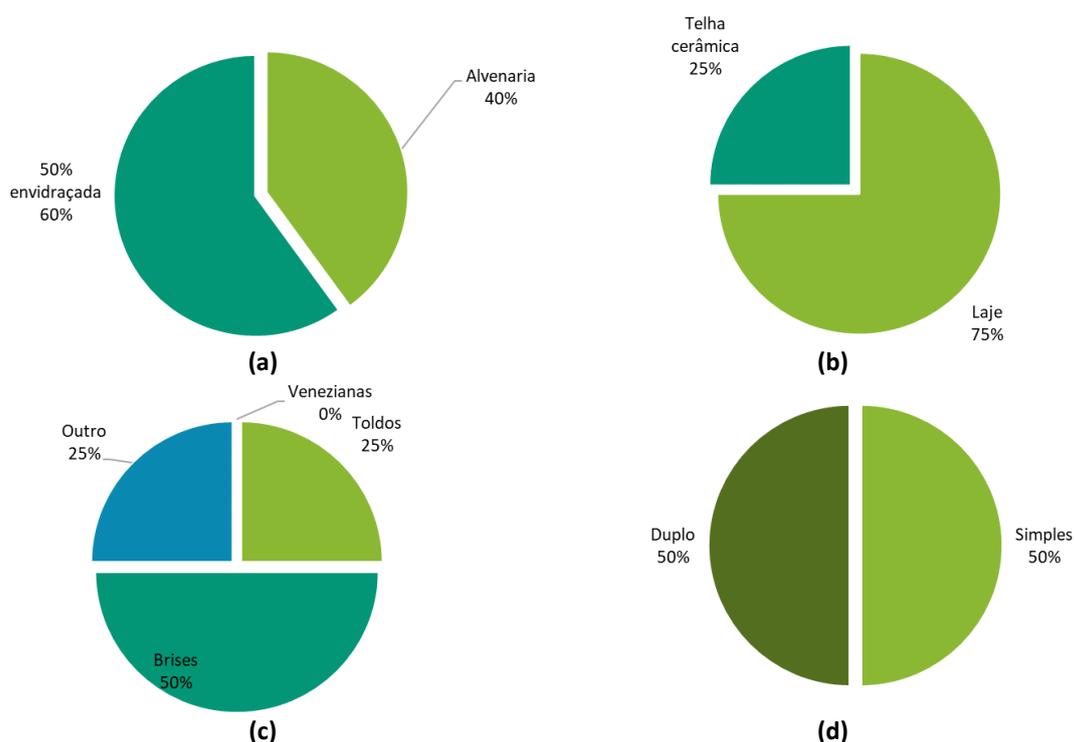


Figura 10 – Características construtivas típicas do estoque – Composição das (a) fachadas, (b) coberturas, (c) sombreamento das fachadas e (d) vidros externos

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 qualidade da iluminação natural que adentra o edifício.

Por meio da Figura 10, percebe-se que a maior parte das edificações tem fachadas 50% envidraçadas (60%), cobertura com laje (75%), elementos de sombreamento do tipo *brises* (50%) e as esquadrias são igualmente compostas por vidros simples e duplos.

4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS

CARACTERÍSTICAS GERAIS

As auditorias energéticas, neste caso, foram realizadas a partir da visita in loco em uma edificação (A), e foram recebidas informações de auditoria sobre duas edificações de parceiros (B e C), sob orientação da equipe deste convênio e a ela reportada posteriormente.

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

Tabela 3 – Dados principais das edificações auditadas

Edificação	A	B	C
Município	Guarulhos	São Pedro	Campos do Jordão
Estado	SP	SP	SP
Pavimentos	10	N/D	N/D
Subsolos	0	0	0
Pé-Direito¹ [m]	2,8	N/D	N/D
Formato	“V”	N/D	N/D
Sombreamento	Cortinas internas	N/D	N/D
Perfil de ocupação²	Monousuário	N/D	N/D
Dias de operação por semana	7	7	7
Área construída [m²]	24.558,74	29.461,53	23.566,57
Área Útil³ [m²]	20.980,06	N/D	N/D
Área Privativa⁴ [m²]	13.488,17	18.741,3	10.817,23
Área Comum⁵ [m²]	7.491,90	10.720,23	12.749,34
Área Técnica [m²]	3.578,67	não informada	não informada
Taxa de Ocupação⁶	67%	59%	60%
Quantidade de quartos	386	342	127
EUI real [kWh/m²/ano]	129,1	139,7	86,3

¹ Medida de Piso a forro;

² Monousuário - Único Locatário; Multiusuário - 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 Percentual médio do total de quartos ocupados nos últimos 12 meses. I

Nota: N/D = não disponível.

Nota-se que o EUI real das edificações auditadas variou de 86,3 a 139,7 kWh/m²/ano, com média de 117,37 kWh/m²/ano. O EUI médio das edificações auditadas foi próximo do EUI médio identificado na

análise do estoque de 164,3 kWh/m²/ano, apresentando uma diferença de 28%. Além disso, observa-se que as edificações estão dentro da faixa de valores observada na análise do banco de dados dos estoques desta tipologia.

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 alta tensão, subgrupo A4, modalidade tarifária convencional
AVAC	Majoritariamente sistema <i>self-contained</i> e <i>chiller</i> a ar em quartos e ambientes compartilhados (recepção, saguão, restaurante).
Iluminação	Diversos tipos de luminárias. É frequente o emprego de lâmpadas compactas LED (9 W e 15W) e compactas fluorescentes (25W). Porém, há luminárias com lâmpadas tubulares tipo T8 (32W), lustres e dicroicas para iluminação cênica.
Aquecimento de água	Aquecimento de água feito com aquecedor central de gás.
Cargas de tomadas	Refrigeradores, mini refrigeradores e frigobares, secadores de cabelo, são presentes. Foi também reportado a existência de ventiladores nas áreas comuns, computadores nas áreas administrativas, televisores; utensílios de cozinha, como micro-ondas, cafeteira, fogão, entre outros.
Cargas específicas	Foi registrada a presença de oito elevadores com potência unitária nominal de 8.300W.
CPDs	Presença de equipamentos do tipo <i>racks</i> , <i>CPDs</i> e <i>nobreaks</i> com fonte de alimentação ininterrupta – UPS, para composição da rede interna da edificação.
Gerador	Não presente

O formato de duas edificações não foi disponibilizado. A edificação “A” tem formato em “V”, com pé-direito de 2,84 m, 10 pavimentos e perfil de ocupação monousuário. Comparando-se com o banco de dados do estoque, percebe-se que uma grande parte das edificações possuem diversos pavimentos.

De modo geral, as edificações desta tipologia apresentam partido arquitetônico diverso, apesar de possuir espaços funcionais semelhantes, como: áreas comuns (hall de acesso, recepção, área de alimentação, espaço para integração); áreas privativas (quartos, salas de uso comum); e áreas técnicas (manutenção, almoxarifado, jardins, depósitos e áreas correlatas).

Dentre as edificações auditadas, a área construída média é de 25.862,28 m², com área útil média de 85% desse valor. Já a proporção de área privativa média é de 54%, de área comum é de 41% e área técnica média é de 5% da área útil. A área construída média identificada na análise do banco de dados do estoque foi de 17.298,7 m². A Figura 11 apresenta a proporção das áreas comuns, privativas e técnicas de cada edificação auditada. Percebe-se que as áreas privativas constituem a maior parte em todas as edificações e apenas a edificação “A” informou relevante área técnica.

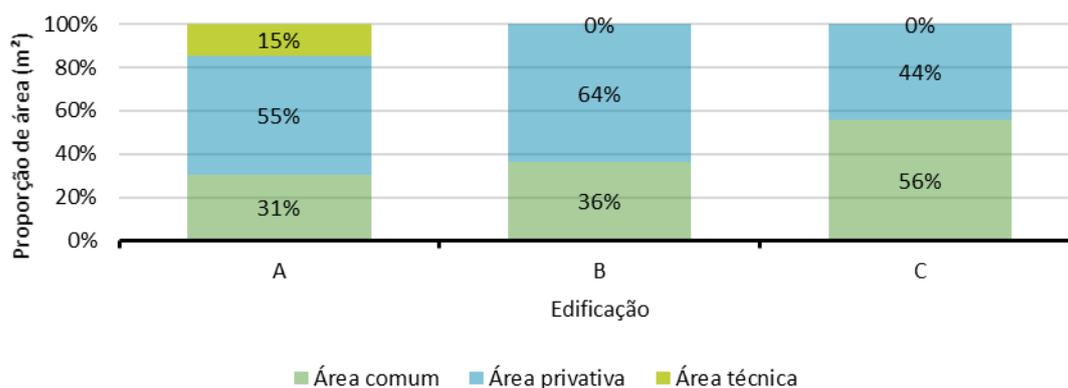


Figura 11 - Proporção dos tipos de áreas das edificações auditadas

OCUPAÇÃO

Todas as três edificações analisadas têm horário de funcionamento integral (24h por dia, 7 dias por semana).

A quantidade média de funcionários é 202 pessoas, em contraste com a média de 103 pessoas por edificação, conforme reportado na análise do estoque. A relação entre a área total de quartos disponíveis e as áreas de quartos efetivamente ocupados durante os últimos 12 meses das edificações auditadas variou de 59 a 67%. A Figura 12 apresenta a taxa de ocupação média anual de quartos e a quantidade de funcionários de cada edificação auditada, exceto para a edificação “C”, que não forneceu dados de quantidade de funcionários.

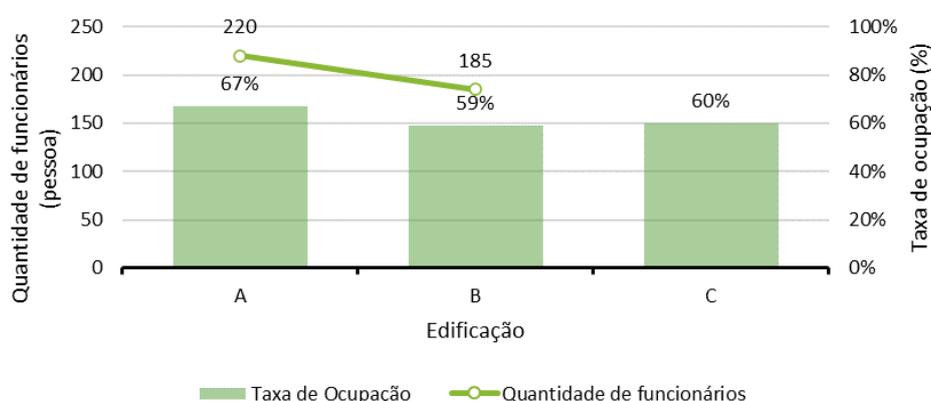


Figura 12 – Taxa de ocupação média anual de quartos e quantidade de funcionários das edificações auditadas

Não foi fornecida informações sobre a quantidade de hóspedes. Porém a quantidade média de quartos das edificações auditadas foi de 285 quartos por edificação, se aproximando da média do estoque analisado.

CARGAS ESPECIAIS

As auditorias energéticas destacaram a presença de elevadores e CPDs como cargas especiais. Apenas a edificação “A” reportou especificamente estes equipamentos, sendo oito elevadores de potência unitárias 8.300 W, que representa cerca de 5% do consumo total da edificação.

Com relação ao CPD, foram reportados 4 racks de 6.000 W, 4 CPDs de 16.500 W e 4 No-breaks de 825 W que funcionam diariamente, 24 horas por dia. A Figura 13 apresenta o consumo anual com data center e a proporção desse consumo no total estimado das edificações auditadas.

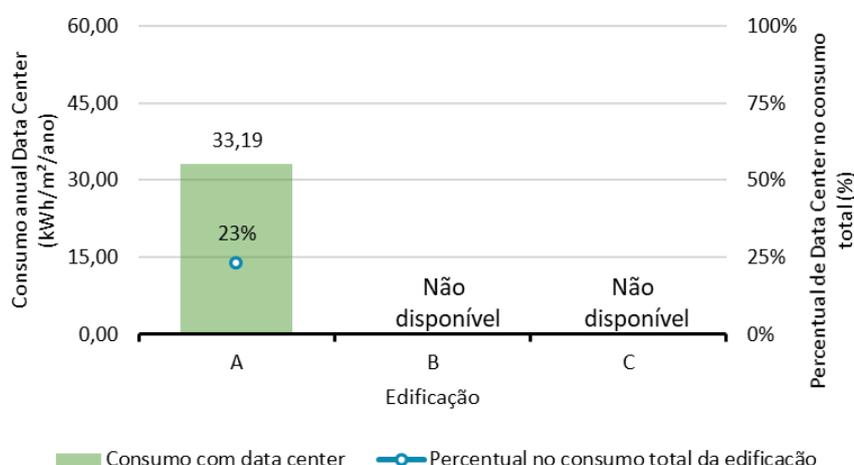


Figura 13 – Proporção do consumo com equipamentos de CPD em relação ao consumo total nas edificações auditadas

Além disso, foram observadas outras cargas especiais, como motobombas para funcionamento de drenagem, direcionamento da água e escoamento de efluentes e equipamentos de academia. As motobombas totalizaram uma potência instalada de 225 kW, representando cerca de 100.483 kWh/ano (cerca de 3% do consumo total da edificação). Os equipamentos de academia totalizam 10 kW de potência instalada, representando cerca de 34.305 kWh/ano, cerca de 1% do consumo total anual da edificação. Ao todo, esses consumos, que foram classificados como outros equipamentos, totalizaram 13,02 kWh/m²/ano, representando cerca de 9% do consumo total da edificação auditada (Figura 14). S .

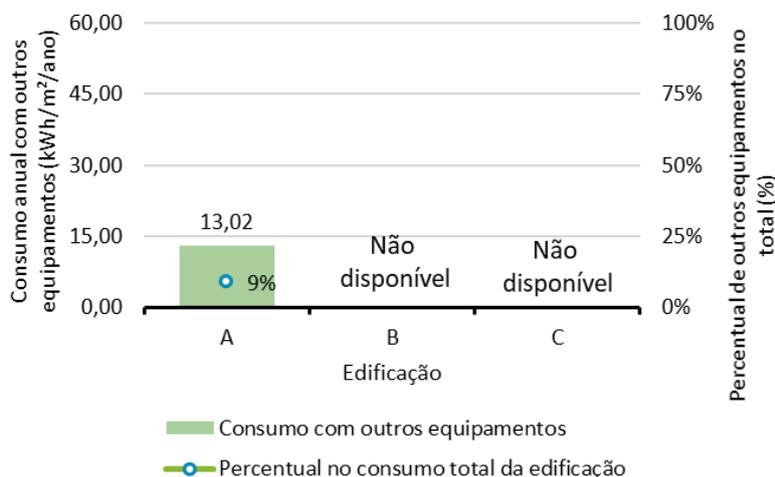


Figura 14 – Proporção do consumo de outros equipamentos em relação ao consumo total das edificações auditadas

CONDICIONAMENTO DE AR

Em termos de equipamentos de condicionamento de ar, somente a edificação “A” apresentou dados sobre esse sistema dentre as edificações auditadas. Considerando a área útil total, a edificação “A” possui densidade de refrigeração média de 73,08 BTU/h/m² de área condicionada. Os quartos, devido à alta densidade de equipamentos, apresentaram uma densidade de refrigeração média maior, 84,03

BTU/h/m². 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	<i>Self contained</i>	- Salas administrativas - Salas de CPD - Refeitório e demais salas de uso comum	12.000 7.500 18.000/12.000
	<i>Chiller a ar</i>	- Quartos	72.000
B	N/D	N/D	N/D
C	N/D	N/D	N/D

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 representa no consumo total de cada edificação. Ressalta-se que apenas foram disponibilizados dados detalhados dos sistemas para a edificação “A”.

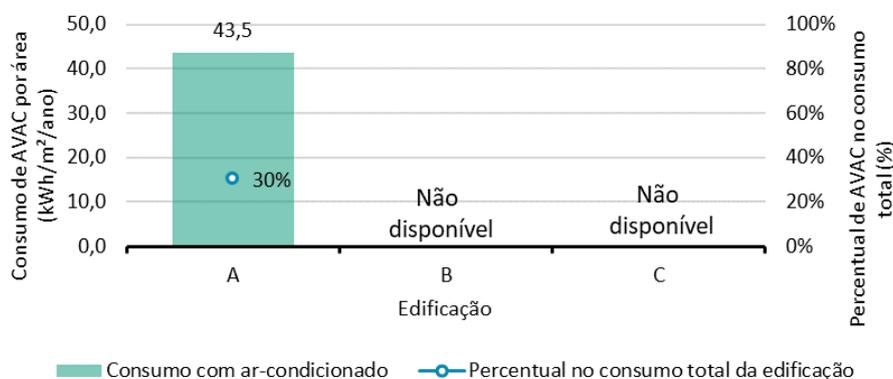


Figura 15 - Proporção do consumo dos sistemas de condicionamento de ar em relação ao consumo total nas edificações auditadas

Percebe-se que o condicionamento de ar é uma parcela considerável no consumo total da edificação, neste caso representando 30% do consumo total. Além disso, há uma mistura de tipos de aparelhos de ar condicionado, havendo tanto a presença de aparelhos *self-contained* e aparelhos unitários.

O consumo de energia com sistemas de condicionamento de ar é intrinsecamente dependente do clima, porém apenas os dados da edificação “A” não são suficientes para identificarmos correlações.

ILUMINAÇÃO

Com relação ao sistema de iluminação, verificou-se que há uma diversidade de tipos de lâmpadas e luminárias. É frequente o emprego de lâmpadas compactas LED (9 W e 15W) e compactas fluorescentes (25W), porém, há luminárias com lâmpadas tubulares tipo T8 (32W), lustres e dicroicas para iluminação

cênica. A Figura 16 apresenta o consumo com iluminação e a proporção do seu respectivo consumo no consumo total da edificação “A”.

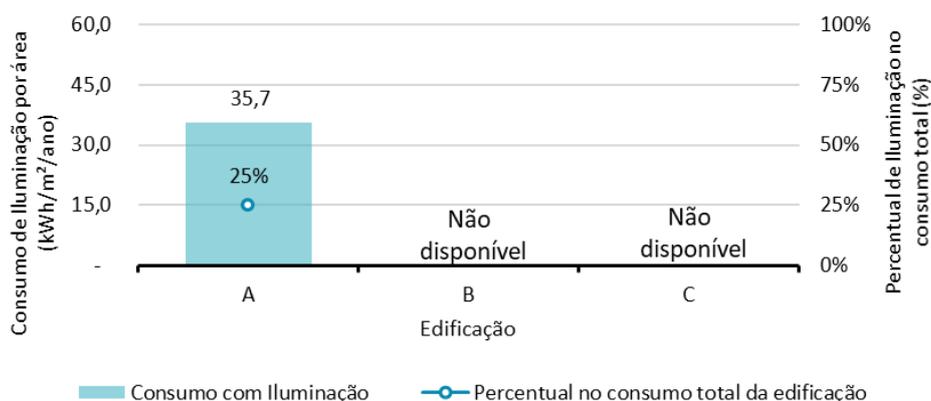


Figura 16 – Proporção do consumo de iluminação nas edificações auditadas

Assim como o sistema de condicionamento de ar, percebe-se que o consumo com iluminação representa uma parcela considerável no consumo total da edificação, cerca de 25%. No caso da edificação “A”, a densidade de potência de iluminação (DPI) observada de 10,22 W/m² representou um consumo anual de 35,7 kWh/m²/ano.

CARGAS DE TOMADA

Com relação às cargas de tomada, apenas a edificação “A” teve dados de cargas de tomadas fornecidos. A partir daí, estimou-se o consumo com cargas de tomada com base na quantidade de equipamentos que foram registrados no levantamento de dados. A Figura 17 apresenta o consumo com cargas de tomada e a proporção desse uso final no consumo total da edificação “A”.

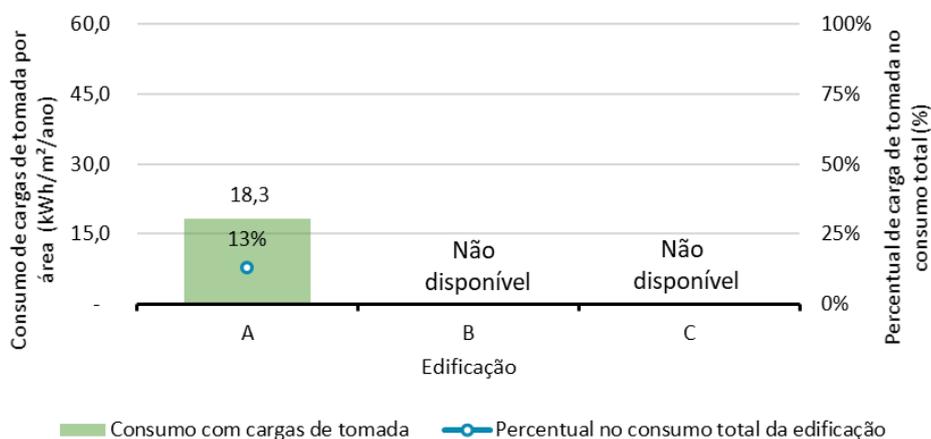


Figura 17 – Proporção do consumo de energia com cargas de tomada para as edificações auditadas

É possível perceber que a proporção das cargas de tomada representou 13% do consumo total estimado pela auditoria na edificação “A”, devido ao seu consumo anual de 18,3 kWh/m²/ano.

ANÁLISE DOS USOS FINAIS

Figura 18 apresenta a síntese dos consumos anuais por área construída dos principais sistemas das edificações auditadas e calculada por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO.

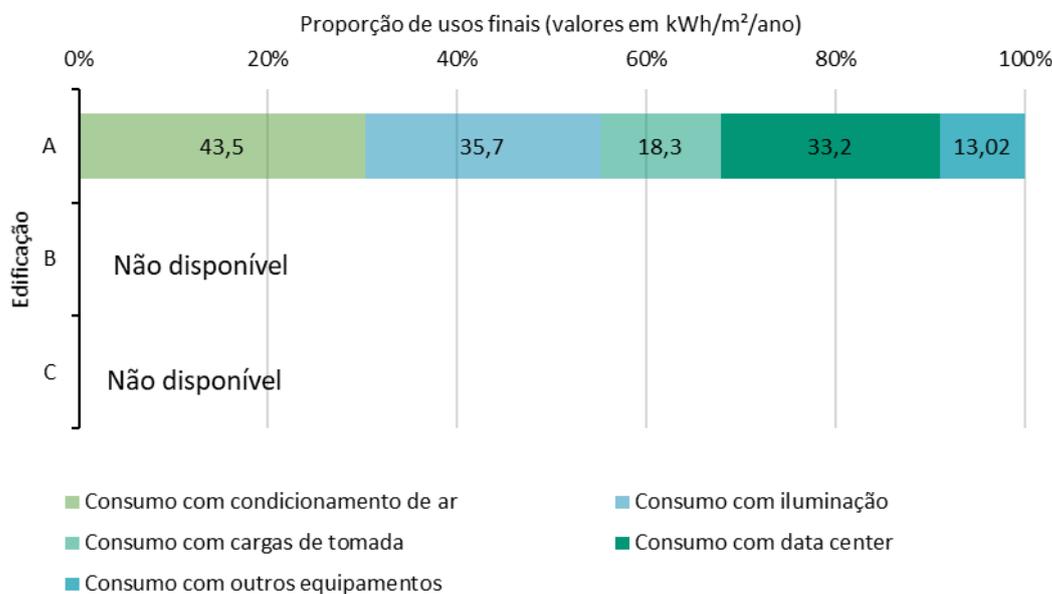


Figura 18 – Proporção e valores dos usos finais por área construída da edificação “A”.

É possível perceber que o consumo com sistemas de condicionamento de ar e iluminação foram as parcelas mais expressivas, representando juntos quase 60% do consumo total da edificação. O consumo com CPD (data center) representou cerca de 23% do total da edificação, sendo uma parcela também expressiva. O consumo com cargas de tomada (18,3 kWh/m²/ano) e outros equipamentos (13,02 kWh/m²/ano) foram os usos finais menos significativos, representando, respectivamente, 13% e 9% do consumo total anual estimado para a edificação “A”.

5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS

VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E VARIÁVEIS RELEVANTES

A análise da tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort** identificou dois arranjos bem distintos para edifícios com capacidade de receber grande volume de hóspedes, um com edifícios de múltiplos andares e outro com edifícios mais horizontais e em blocos com ocupações distintas. Assim, para que esta tipologia pudesse se diferenciar, principalmente, da tipologia originalmente definida como **Hotel de Médio Porte**, adotou-se o segundo arranjo, que é um modelo de arquétipo diferente do estoque analisado, e alterou-se o nome desta tipologia para **Hotel do tipo Resort**.

A Tabela 6 apresenta a comparação do arquétipo desenvolvido e detalhado no relatório RT2B.02, adotado nas simulações para determinação dos *benchmarks* desta tipologia, com os resultados desta análise do estoque e das auditorias energéticas.

Tabela 6 -Resumo dos principais dados construtivos.

Dados	Análise do estoque	Auditorias	Arquétipo CBCS
Pavimentos	Múltiplos, média 7	10	Um edifício com 3 pavimentos e outro Térreo

Subsolos	-	0	0
Pé-Direito[m]*	-	2,84	3,2
Formato	-	Retangular	Dois blocos (1 de hospedagem e outro de serviços)
Sombreamento	Brises	Persianas internas	Variável
Perfil de Ocupação	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Turnos	Integral	Integral	Integral
Área Construída [m²]	Média = 17.298,7	Média = 25.862,28	18.850
Área Privativa [%]	-	58%	63,7%
Área Comum [%]	-	31%	33,1%
Área Técnica [%]	-	11%	3,2%
Ocupação	103 funcionários, 318 quartos	202 funcionários, 285 quartos	Funcionários = variável 300 quartos

* Medida de Piso a forro;

O modelo do arquétipo do CBCS foi constituído por duas edificações, uma de três pavimentos (quartos) e uma de um pavimento (serviços), com dimensões de, respectivamente, 130,0 m x 18,5 m x 9,6 m e 50,0 m x 90,0 m x 3,2 m (L x C x A), totalizando 18.850 m².

São edificações do tipo monousuário, com 300 zonas térmicas condicionadas representando os quartos, seis zonas térmicas condicionadas representando o restaurante, recepção, academia, administração e área de eventos e 300 zonas térmicas não condicionadas representando os banheiros. Além disso, há corredores, lavanderia e cozinha não condicionados. Foi considerada volumetria retangular para ambas as edificações.

A ocupação da edificação e os equipamentos elétricos de tomada foram definidos de acordo com a utilização de cada ambiente. Os equipamentos do restaurante, cozinha e lavanderia não foram considerados no modelo, mas as cargas referentes aos equipamentos instalados nos ambientes de restaurante e cozinha foram consideradas no modelo simulado na tipologia de Restaurante e Preparo de Alimentos.

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 8,24 W/m² e outro cenário com DPI média de 12,88 W/m²;
- **Orientação solar:** um cenário com aberturas orientadas a norte/sul e outro cenário com aberturas orientadas leste-oeste;
- **Envoltória:** um cenário considerando paredes e coberturas menos eficientes ($U_{parede} = 2,50$ W/m²K, $U_{cobertura} = 1,00$ W/m²K) e outro cenário considerando paredes mais eficientes ($U_{parede} = 0,53$ W/m²K, $U_{cobertura} = 1,00$ W/m²K);
- **Absortância solar:** um cenário considerando cores mais escuras (absortância = 0,7) e outro cenário considerando cores mais claras (absortância = 0,3);
- **AVAC:** um cenário com sistema VFR e outro cenário com sistema central chiller condensado à ar;
- **Renovação de ar:** um cenário com renovação de ar com a vazão apropriada de acordo com o tipo de ambiente (Nível 2 da norma ABNT NBR 16401-3) e outro cenário sem renovação de ar.
- **Condicionamento de ar nas circulações:** um cenário com circulações condicionadas e outro cenário com circulações ventiladas naturalmente.

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 edificação “A” na equação de *benchmark* desenvolvida para a tipologia de **Hotel do tipo Resort**, detalhada no relatório **RT2B.02**, 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 - *Chiller* a ar);
- d) ILUM – Densidade de potência de iluminação instalada (W/m^2);
- e) RENO – Renovação de ar (0 - não tem, 1 - renovação conforme nível 2 da NBR 16401-3);
- f) ENVO – Transmitância térmica das paredes externas (valores entre 0,53 e 2,50 $W/m^2.K$);
- g) ASOL – Absortância da envoltória (0,7 – cor escura, 0,3 – cor clara);
- h) CIRC – Condicionamento de ar das circulações (0 – sem condicionamento, 1 – com condicionamento);
- i) SAQ – Tipo de sistema de aquecimento de água de banho (0 – gás, solar, outro; 1 – chuveiro elétrico)
- j) Número de quartos [un];
- k) Área média dos quartos [m^2]
- l) Taxa de ocupação – taxa média de ocupação anual dos quartos [%]
- m) Demais áreas – somatória de todas as áreas internas do hotel, exceto as áreas de quartos (m^2)
- n) Áreas dos quartos – somatória de todas as áreas de quartos (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 a equação de *benchmark* desta tipologia.

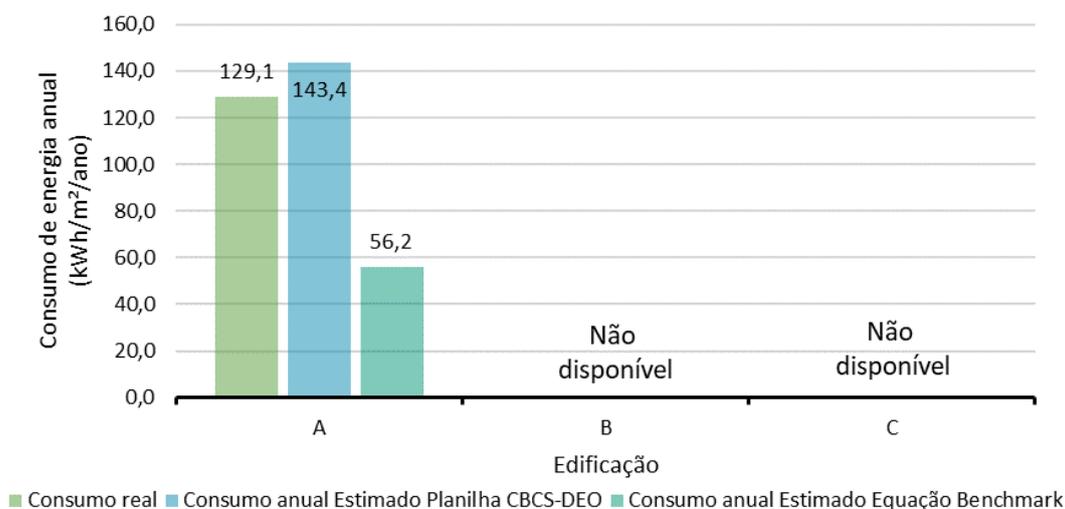


Figura 19 – Comparação do consumo real e consumos estimados pela planilha CBCS-DEO e pela equação de benchmark desta tipologia

A diferença entre o consumo estimado pela planilha CBCS-DEO e o consumo real foi de 14,3 kWh/m²/ano (11%). Essa diferença pode ser considerada aceitável dentro das variações possíveis quando se utiliza uma estimativa para se comparar com a realidade.

Já a diferença relativa entre o consumo de energia estimado pelo método da equação de *benchmarking* apresenta um desvio bem maior (-56%) em relação ao consumo real da edificação “A”. O que pode significar que a configuração da edificação auditada não é atendida pela equação de *benchmarking* desenvolvida para a tipologia de Hotel do tipo Resort, a qual considerou o arquétipo composto por duas edificações.

Outros fatores que podem ter contribuído para esse resultado foi que o arquétipo não considerou as cargas de tomada presentes nas cozinhas e nem o uso da lavanderia, assim como os consumos pelas outras facilidades geralmente presentes em hotéis do tipo resort, como spas, academias de ginástica e piscina aquecida.

Além disso, há as incertezas inerentes ao processo de estimativa, que pode acarretar variações expressivas por motivos de diferenças em operação dos sistemas e variações climáticas.

De fato, espera-se variações da ordem de até 40%¹ quando estimativas desse tipo 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*², 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.

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

² 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, inicialmente, a caracterização da tipologia original de **Hotel de Grande Porte e Resort**, a partir da análise de dados do estoque de edificações (com 6 dados completos e tratados, cobrindo 4 Unidades Federativas brasileiras) e da análise de auditorias energéticas realizadas em três edificações em três cidades diferentes.

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.

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.

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 do edifício auditado mostrou resultados coerentes para a aplicação do método de estimativa da planilha CBCS-DEO, porém diferentes para a estimativa realizada pela equação de *benchmark*. No entanto, ao comparar alguns consumos de edificações do estoque com o consumo estimado por meio da equação de *benchmark* desenvolvida para a tipologia originalmente definida como de Médio Porte, obteve-se diferenças menores. Por esta razão, chegou-se à conclusão da aplicabilidade das equações de *benchmark* da tipologia original de **Hotel de Médio Porte**, também para as edificações da tipologia de **Hotel de Grande Porte** constituídas por torres verticais, uma vez que a sua grandeza de consumo varia em função do número de quartos e área construída.

Assim, definiu-se que as equações de *benchmark* desenvolvidas e apresentadas no relatório RT2B.02 aplicam-se tão somente à tipologia de **Hotel do tipo Resort**, especialmente pela modelagem do arquétipo efetivamente utilizado nos cenários das simulações realizadas, alterando-se a sua nomenclatura original de **Hotel de Grande Porte e Resort** para simplesmente **Hotel do tipo Resort**. Também, neste momento, alterou-se a nomenclatura da tipologia original de **Hotel de Médio Porte** para **Hotel Vertical de Médio e Grande Porte**.

Outros fatores que justificam a diferença de consumo real e estimado são as cargas específicas não consideradas no arquétipo, como as da lavanderia e dos equipamentos de cozinha e, especialmente, as cargas das diversas facilidades que podem ser encontradas em Resorts, como spas, academias de ginástica, piscina aquecida, entre outras.