



ENTAC 2024

XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024



Processo simplificado de calibração por meio de faturas de energia para um supermercado de médio porte

Simplified calibration process using energy bills for a medium-sized supermarket

Thiago Toledo Viana Rodrigues

Universidade Federal de Viçosa | Viçosa | Brasil | thiago.t.rodrigues@ufv.br

Joyce Correna Carlo

Universidade Federal de Viçosa | Viçosa | Brasil | joycecarlo@ufv.br

Resumo

As pesquisas em eficiência energética, geralmente, concentram-se em abordar edifícios residenciais e de escritórios, outras tipologias como supermercados ainda são pouco abordadas, apesar do elevado consumo energético que apresentam. Conhecer o consumo típico da tipologia ajuda na tomada de decisão. Entretanto, durante o processo de simulação a necessidade de calibração pode apresentar algumas dificuldades, principalmente, quando envolve medições em edificações antigas, com quadros de energia de difícil acesso ou um sistema elétrico que já passou por diversas interferências e não é organizado por usos finais. Assim, o objetivo deste artigo é identificar o potencial de um método simplificado de calibração. Este inclui um estudo prévio (com medições horárias) de outro edifício da mesma tipologia e de mesmo porte, análises de faturas de energia elétrica e dados gerados por simulação computacional, por meio do *software EnergyPlus*. Como resultados foram identificados os usos finais de energia para o edifício analisado: sistema de refrigeração (82%), equipamentos (11%), sistema de iluminação (6%) e AVAC (1%).

Palavras-chave: Auditoria Energética. Eficiência Energética. Calibração.

Abstract

Energy efficiency research is usually focused on residential and office buildings, overlooking other typologies such as supermarkets, despite their high energy consumption. Knowing the typical consumption of the typology helps in decision making. However, during the simulation process, the need for calibration may present some difficulties, especially when it involves measurements in old buildings, with power control panels that are difficult to access or an electrical system that has already undergone several interferences and is not organized by end uses. Therefore, the objective of this study is to identify the potential of a simplified calibration method. This includes a preliminary study (with hourly measurements) of another building of the same type and size, analysis of electricity bills and data generated by computer simulation, using the EnergyPlus software. As results, the end uses of energy for the analyzed building were identified: refrigeration system (82%), equipment (11%), lighting system (6%) and HVAC (1%).

Keywords: Energy Audit. Energy Efficiency. Calibration.



Como citar:

RODRIGUES, T. T. V.; CARLO, J. C. Processo simplificado de calibração por meio de faturas de energia para um supermercado de médio porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

As pesquisas em eficiência energética das décadas de 2000 e 2010 concentraram-se em edifícios residenciais e de escritórios. Algumas tipologias específicas, como os supermercados ainda são pouco estudadas, apesar do grande número de unidades existentes e do elevado consumo energético que apresentam [1]. Os supermercados estão entre as tipologias de edifícios com maior densidade de consumo de energia, seu valor chega a ser mais do que o dobro da energia consumida por um hotel ou escritório de mesmo tamanho [2]. Entretanto, ainda faltam estudos para determinar o consumo típico dessa tipologia e propor medidas que ampliem sua eficiência energética, principalmente para climas quentes. Nestes locais, o número de trabalhos se restringe ainda mais, pois a maior parte dos estudos encontrados são para climas predominantemente frios [3, 4, 5]. Os supermercados constituem-se ambientes complexos pela quantidade de sistemas e serviços que abrangem, o que torna a análise e a previsão da demanda de energia uma tarefa difícil. Rodrigues e Carlo [6] discutiram alguns dos principais indicadores energéticos e índices de consumo encontrados na literatura para a tipologia de supermercados.

A simulação de energia é amplamente utilizada para prever o consumo em edificações, seja na fase de projeto ou para avaliar propostas de *retrofit*. No entanto, devido à complexidade do ambiente construído e à prevalência de um grande número de variáveis de interação independentes, é difícil obter uma representação precisa da operação real de um edifício, o que leva a uma série de simplificações que podem gerar incertezas nos resultados das simulações [7]. Estas incertezas aumentam se o modelo utilizado não for validado empiricamente [7].

Turner e Frankel [8] analisaram 121 edifícios e descobriram que o uso de energia medido pode ser entre 0,5 a 2,75 vezes o uso de energia previsto. Chong et al. [9] revisaram as principais causas das discrepâncias entre o desempenho energético previsto e o real, entre elas: (a) incerteza de especificação decorrente de suposições devido à falta de informação; (b) inadequação do modelo decorrente de simplificações e abstrações dos sistemas físicos reais de construção; (c) incerteza operacional decorrente da falta de *feedback* em relação ao uso e operação real dos edifícios; e (d) incerteza do cenário decorrente da especificação das condições do modelo, como as condições meteorológicas e a ocupação do edifício.

Uma solução para reduzir as incertezas é comparar os dados de saída do modelo simulado com dados medidos, para identificar possíveis erros ou necessidades de refinamento nos dados de entrada para ajustar seu comportamento ao do edifício real [7]. Este processo é conhecido como calibração e é utilizado para comprovar a validade do modelo e avaliar de forma confiável a inserção de medidas de conservação de energia [10]. Uma vez que haja uma concordância razoável entre os dados medidos e simulados, o modelo pode ser considerado 'calibrado' de acordo com critérios de aceitação internacional para os modelos de simulação de energia de edifícios [11], como por exemplo os critérios estabelecidos pela Diretriz 14 da ASHRAE [12].

Na maioria dos casos a calibração é baseada em intervenção manual, iterativa e pragmática. Historicamente, o processo de calibração depende do conhecimento do

usuário, experiência anterior, conhecimento sobre o edifício-alvo, conhecimento estatístico, julgamento de engenharia e um processo de tentativa e erro [13]. A técnica de calibração consiste essencialmente em quatro etapas: (1) coletar dados; (2) inserir e executar a simulação; (3) comparar a saída do modelo de simulação com os dados medidos; e (4) verificar se a precisão desejada foi alcançada. Pedrini et al. [14] empregaram o método de simulação e calibração baseado nestas etapas para modelar mais de 15 edifícios de escritórios no Brasil.

Algumas pesquisas [15,16,17,18] visam desenvolver processos de calibração baseado em dados horários medidos, pois esses representam as características de energia dinâmica do edifício de forma mais precisa e confiável. Em alguns países a política da “internet das coisas” já criou um movimento de monitoração constante onde diversos edifícios tem seu consumo de energia registrado e disponível em tempo real, o que facilita o processo de calibração horária. No entanto, essa ainda não é a realidade da maioria dos países, como o Brasil, onde poucos edifícios são equipados com este tipo de sistema de monitoramento e o processo de medição acaba se tornando caro e trabalhoso, devido aos equipamentos e mão de obra necessários. Além disso, muitas edificações antigas passam por modificações e ampliações dos seus sistemas ao longo dos anos, dificultando o processo de medição, seja pela não separação por usos finais de seus quadros de energia ou, até mesmo, pelo risco e dificuldade de acesso aos mesmos. Em geral, nesses casos, são utilizadas as faturas mensais de eletricidade para calibrar o modelo simulado, como realizado por Sun et al. [19]. O Brasil também não disponibiliza banco de dados de consumo de energia de forma generalizada, assim, as faturas devem ser adquiridas diretamente com os proprietários ou empresas responsáveis pela edificação.

Neste contexto, acredita-se que a calibração por meio das faturas mensais de energia seja uma opção para validar modelos de edifícios que não disponibilizam de sistemas de monitoramento horário de consumo. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em identificar o potencial de um método simplificado de calibração, por meio de dados de consumo de faturas mensais de energia elétrica e um estudo prévio utilizado como referência de outro edifício da mesma tipologia e de mesmo porte.

MÉTODO

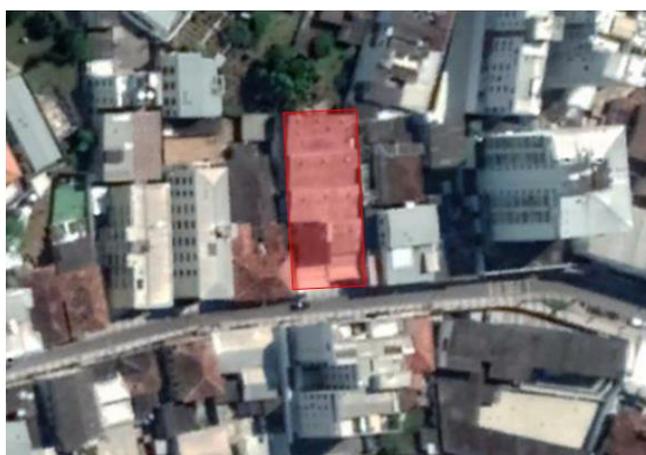
A pesquisa foi baseada em análises de dados de consumo de faturas de energia elétrica e dados de consumo gerados por simulação computacional. Além disso, buscou-se analisar e levantar informações específicas sobre o consumo de energia para supermercados. No estudo de caso foram levantadas informações sobre os sistemas presentes na tipologia (usos finais), coletadas durante visitas técnicas e diagnóstico energético.

DESCRIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O edifício escolhido para análise é o Supermercado Viçosense, localizado na cidade de Viçosa que pertence à zona bioclimática 3, de acordo com a NBR 15220 [20]. A construção do supermercado data de 1962 e o edifício passou por, pelo menos, 5 reformas. O horário de funcionamento para o público é de 07h às 20h de segunda a sexta, de 07h às 19h aos sábados e de 08h às 13h nos feriados, não funcionando aos domingos. Para os funcionários, em geral, o expediente segue o horário de funcionamento, com exceção da parte administrativa que funciona de 08h às 18h, de segunda a sexta. No total são 50 funcionários que o caracteriza como um supermercado de médio porte, segundo a classificação do IBGE para empresas de comércio/serviços.

O edifício está localizado na área central da cidade, com um entorno de alto adensamento, apenas a fachada norte não é sombreada (Figuras 1 e 2). O edifício apresenta uma cobertura do tipo *shed* que possibilita o uso da iluminação natural em seu interior.

Figura 1: Imagem aérea do Supermercado Viçosense



Fonte: Google Earth Image ©2022 Maxar Technologies [21].

Figura 2: Imagens da fachada sul do Supermercado Viçosense.

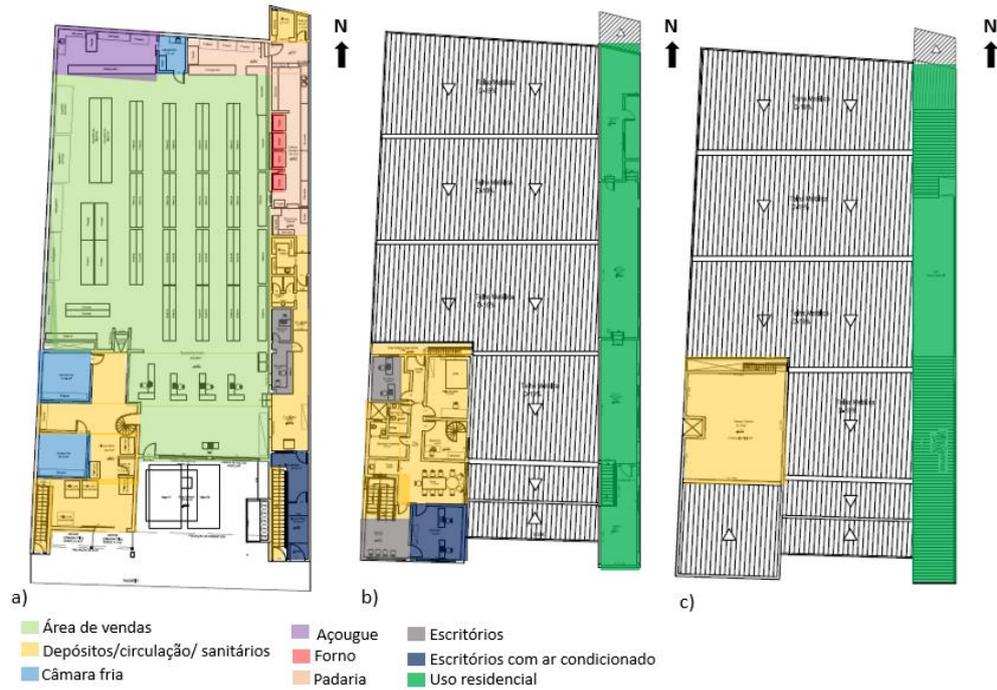


Fonte: o autor.

O supermercado tem uma área total construída de 983 m², dividido em três pavimentos, o Térreo com 774 m² (a área de vendas tem 521 m²), o Pavimento 1 com 140 m² e um terraço coberto com 69 m² (Figura 3). O edifício apresenta diferentes sistemas construtivos (levantados *in loco*), principalmente devido às diversas reformas

realizadas. A área administrativa é a única climatizada artificialmente. No total são 3 salas com condicionamento artificial de ar autônomo do tipo *split* e equipamentos típicos de escritório. Foi realizado o levantamento de todos os equipamentos do supermercado, como os equipamentos do açougue e da padaria e suas respectivas potências, inclusive o sistema de refrigeração (refrigeradores e câmaras frias). O sistema de iluminação é composto por lâmpadas LEDs e fluorescentes. O sistema de refrigeração é o único em funcionamento durante a noite e existe um gerador a diesel para os momentos de queda de energia.

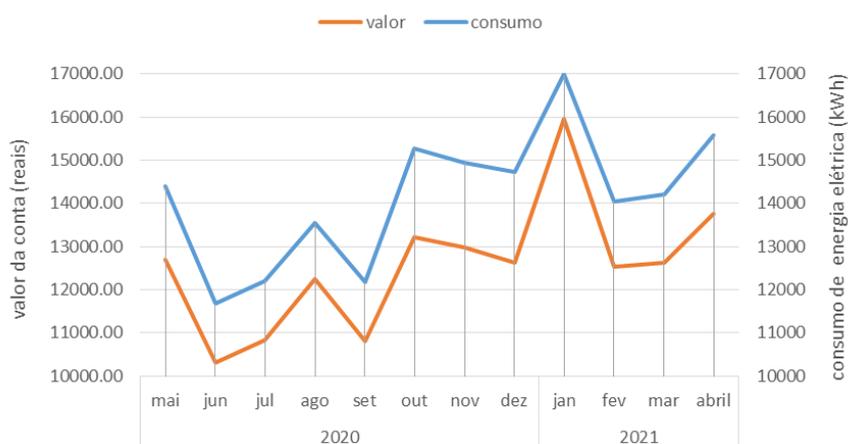
Figura 3: Plantas baixas e setorização. Térreo (à esquerda); Pavimento 1 (ao centro); e Terraço (à direita)



Fonte: o autor.

Foram levantadas as faturas mensais de energia elétrica do edifício para os anos de 2020 e 2021 (Figura 4). Apesar das faturas de energia serem referentes ao período de pandemia, o consumo dos anos anteriores não estava disponível. O consumo anual do Supermercado Viçosense foi de 169.766 kWh, ou 173 kWh/m²/ano e correspondeu a um custo anual de R\$ 150.589,00.

Figura 4: Consumo anual de energia elétrica (maio 2020 – abril 2021)



Fonte: o autor.

Um outro supermercado, chamado Supermercado Escola, foi utilizado como estudo prévio. Ambos estão localizados na cidade de Viçosa e são considerados de médio porte. O Supermercado Escola apresenta uma área total de 2.996 m² e seu consumo anual de energia elétrica foi de 706.880 kWh, ou 236 kWh/m²/ano, mais detalhes sobre o Supermercado Escola podem ser conferidos em Rodrigues e Carlo [22], onde foi possível realizar medições *in loco*. A Tabela 1 compara as características dos dois supermercados estudados aos dados médios por loja levantados pelo *ranking* da ABRAS [23], que levou em conta 8.345 estabelecimentos respondentes (participação voluntária).

Tabela 1: Média das características dos supermercados

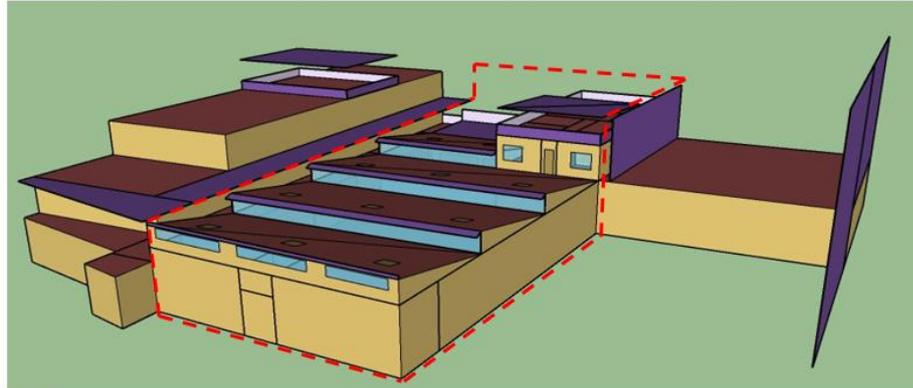
Ranking ABRAS	Nº de lojas	Nº de <i>check-outs</i> /loja	Área de vendas /loja (m ²)	Nº de funcionários/ loja
924 empresas respondentes	8.345	9	1.243	79,7 (médio porte)
Supermercado Escola	1	11	1.100	91,0 (médio porte)
Supermercado Viçosense	1	7	521	50,0 (médio porte)

Fonte: ABRAS [23].

SIMULAÇÃO

As simulações foram realizadas por meio do *software EnergyPlus* (Figuras 5 e 6), versão 8.7, com um arquivo *TMY* (*Typical Meteorological Year*) para a cidade de Viçosa-MG [24].

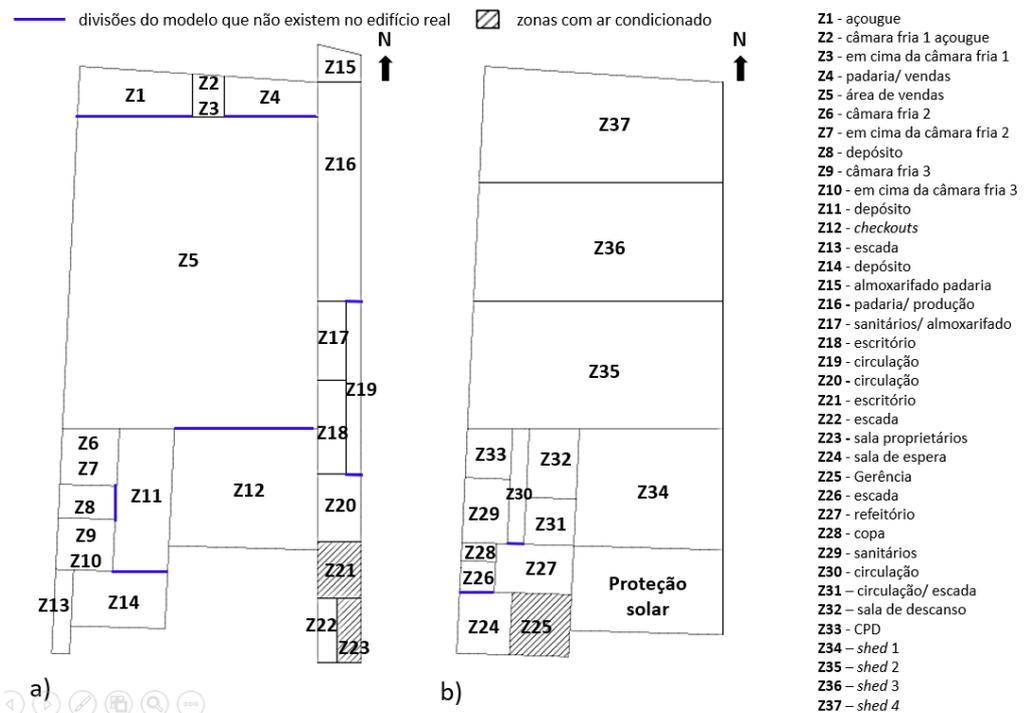
Figura 5: Modelo simulado com o entorno imediato



 Supermercado Viçosense

Fonte: o autor.

Figura 6: Zonas térmicas. Térreo (à esquerda); e Pavimento 1 (à direita)



Fonte: o autor.

Os padrões de uso e ocupação foram definidos conforme os horários de trabalho dos funcionários e de atendimento ao público, considerando a média mensal de *check-outs*. A distribuição do número de clientes ao longo do dia foi fornecida pela administração, e do número de funcionários por ambiente conforme postos de trabalho. Foi utilizada a ASHRAE 55 [25] para especificar a taxa metabólica.

O sistema de refrigeração funciona 24h por dia, e o *EnergyPlus* apresenta modelos específicos para a simulação de refrigeradores e câmaras frias. A ventilação foi configurada com sistema de condicionamento artificial de ar nos escritórios e ventilação natural no restante do edifício. Os coeficientes de pressão (C_p) para o modelo foram obtidos por meio do *CpSimulator* [26]. O sistema de condicionamento artificial de ar *split* localiza-se apenas na área administrativa (38 m², cerca de 3,9% da

área total). Foi utilizado um sistema do tipo bombas de calor configuradas com auto dimensionamento para *setpoint* de 18°C para aquecimento no inverno e 24°C para refrigeração no verão.

CALIBRAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

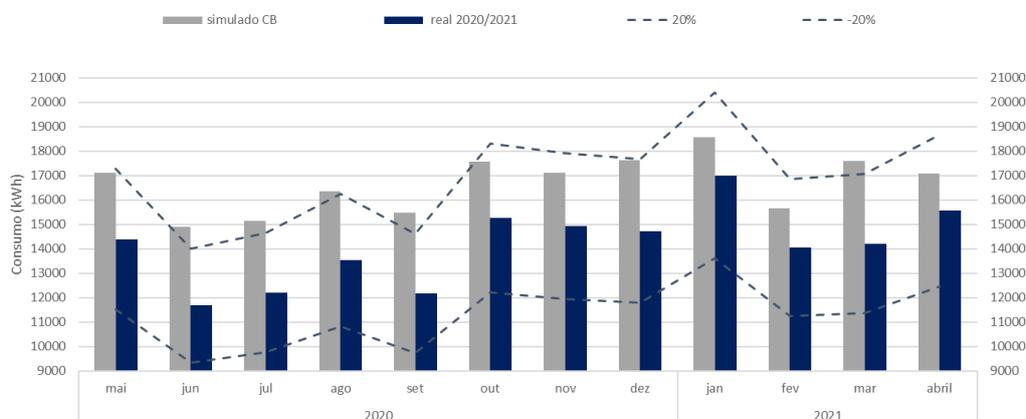
Para o Supermercado Viçosense foi utilizada a calibração simplificada por meio de faturas mensais de energia com base na experiência de outro estudo de caso (o Supermercado Escola). Tal fato, foi devido à impossibilidade de realizar a calibração por dados horários, pois a localização dos quadros de energia impedia a instalação dos equipamentos. As sucessivas reformas desde 1962 interferiram diretamente no sistema de eletricidade do edifício, não existe um quadro geral e nem uma separação por usos finais, os diversos quadros de energia não seguem uma separação lógica e muitos são inacessíveis.

Após a calibração foram utilizados dois índices estatísticos para validar os modelos: o *NMBE (Normalized Mean Bias Error)* e o *CVRMSE (Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error)*. O *NMBE* representa a média dos erros de uma amostra, e indica o desempenho geral dos valores estimados em relação à linha de regressão. Já o *CVRMSE* mede a variabilidade dos erros entre os valores estimados e os valores medidos, mostrando a habilidade do modelo em prever o padrão de consumo de energia da edificação. Foram adotados os limites mensais estabelecidos pela *ASHRAE Guidelines 14* [12] para *NMBE* e *CVRMSE*.

RESULTADOS

Após a primeira simulação do modelo, chamado Caso Base (CB), chegou-se a um consumo anual de 200.247 kWh, enquanto as faturas de energia elétrica somaram 169.766 kWh. Isto demonstrou a necessidade de calibração, visto que o valor máximo deve ser de 5% em módulo para a diferença anual e 20% para o consumo mensal [27]. O CB apresentou um valor 17,95% maior para o consumo anual (Figura 7).

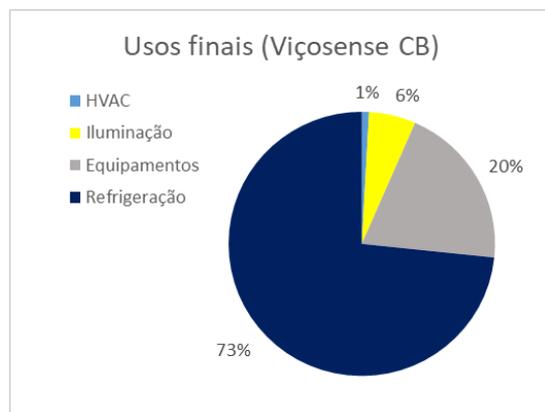
Figura 7: Consumo simulado (CB)



Fonte: o autor.

O consumo do CB foi separado por uso final (Figura 8). O sistema de refrigeração foi considerado o de maior incerteza pelo simulador devido à falta de especificação dos equipamentos por parte das empresas fabricantes.

Figura 8: Usos finais do modelo simulado (CB)



Fonte: o autor.

PROCESSO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada em três etapas, cada uma resultando em uma nova versão do modelo, iniciando as análises pelo CB para que as primeiras medidas de ajuste fossem propostas.

Caso Base (CB): consumo anual 17,9% maior que as faturas de energia.

Foi realizado um ajuste no padrão de uso dos equipamentos, configurado anteriormente para iniciar às 7:00 h (início do expediente dos funcionários). Entretanto, o supermercado só é aberto aos clientes às 8:00 h, quando de fato se inicia o uso mais intenso de equipamentos, horário também que se inicia o expediente da parte administrativa.

Versão 1 (V1): com os ajustes anteriores a diferença entre o consumo simulado e o medido reduziu para 16,0 %.

O sistema de iluminação estava configurado para 90 % em uso durante todo o dia, entretanto, nos levantamentos de campo observou-se que alguns setores mantinham boa parte das lâmpadas desligadas pela grande disponibilidade de luz natural. Assim, o uso foi reduzido para 80 %.

Além disso, notou-se a necessidade de ajustes mensais no padrão de uso dos equipamentos (Figura 9), que estava configurado da mesma forma para o ano todo. No final do ano o consumo de energia é maior devido ao uso mais intenso dos equipamentos da padaria (período de festas). Foi realizada uma variação mensal proporcional às diferenças observadas nas faturas de energia.

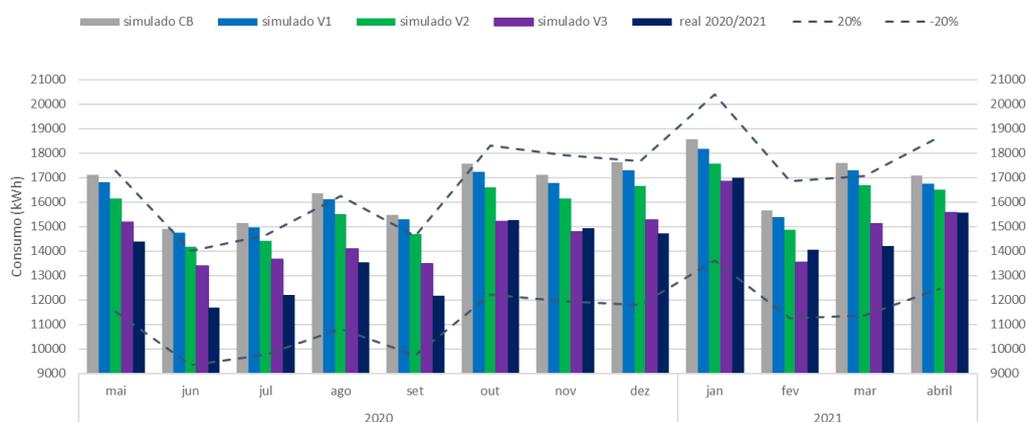
Versão 2 (V2): a diferença entre o consumo simulado e real passou para 11,9%, o que mostra que os ajustes mensais ainda foram discretos.

Assim, para a Versão 3, o padrão de uso dos equipamentos foi novamente reduzido, buscando um maior refinamento e aproximação com base nas faturas de energia.

Meses de uso menos intenso como junho, julho (férias), agosto e setembro tiveram uma redução maior no uso de equipamentos e meses de uso mais intenso, como outubro, novembro, dezembro e janeiro tiveram uma redução menos significativa.

Versão 3 (V3): com o refinamento nos ajustes mensais a diferença foi para 3,7%. Portanto, chegou-se ao modelo calibrado.

Figura 9: Evolução do processo de calibração comparado às faturas de energia



Fonte: o autor.

VALIDAÇÃO

O *MBE* e o *CVRMSE* encontrados entre o modelo calibrado e os consumos medidos pelas faturas de energia encontram-se dentro dos limites mensais estabelecidos pela *ASHRAE Guidelines 14* (Tabela 2), validando o processo de calibração.

Tabela 2: Índices de validação do modelo calibrado (V3)

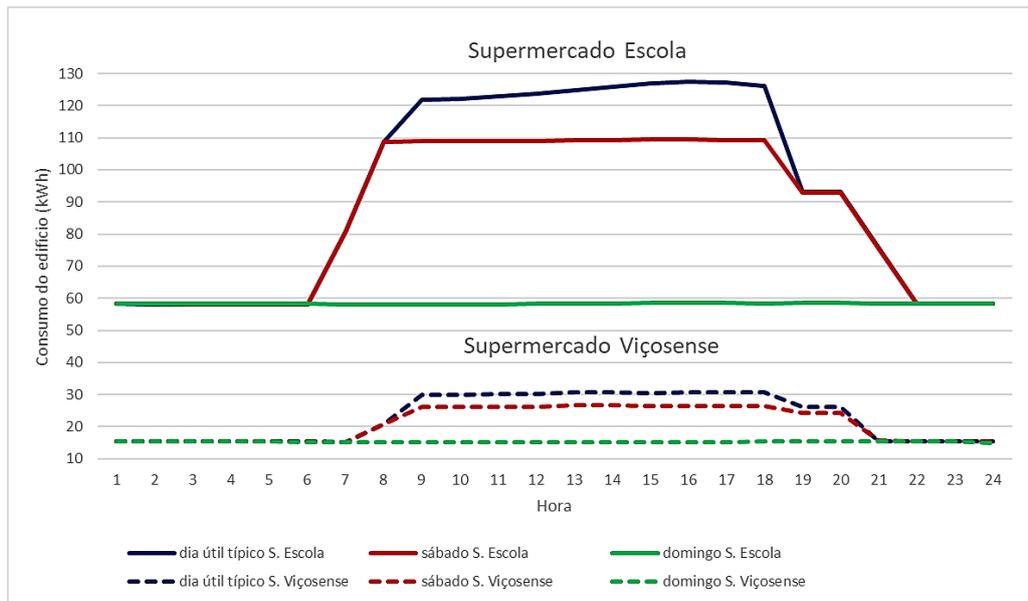
Índices estatísticos	Limites de calibração mensal <i>ASHRAE</i>	Modelo calibrado V3
		Mensal
<i>MBE</i> (%)	±5,00	3,70
<i>CVRMSE</i> (%)	15,00	6,12

Fonte: o autor.

CURVA DE CARGA HORÁRIA

O consumo horário simulado de energia elétrica de 24h de um dia útil típico, de um sábado e de um domingo é apresentado na Figura 10. A curva diária corresponde ao esperado em relação às variações horárias de funcionamento dos equipamentos e de ocupação (funcionários e clientes), e o comportamento é semelhante ao estudo de caso realizado anteriormente (Supermercado Escola), salvo as diferenças de escala.

Figura 10: Comparação entre a curva de carga dos dois supermercados estudados

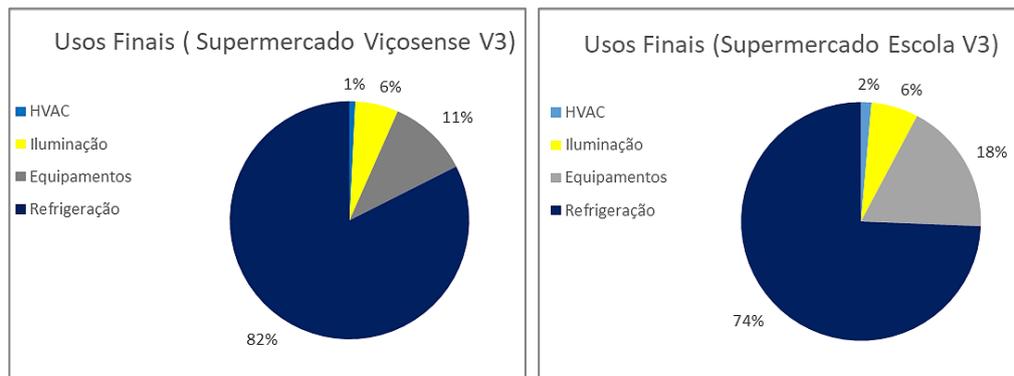


Fonte: o autor.

USOS FINAIS

A porcentagem dos usos finais do Supermercado Viçosense se aproxima dos valores encontrados para o Supermercado Escola (Figura 11).

Figura 11: Usos finais. Supermercado Viçosense (à esquerda); e Supermercado Escola (à direita)



Fonte: o autor.

O sistema de refrigeração representou a maior parcela de consumo no Supermercado Viçosense (82%). A literatura internacional indica que esta parcela pode chegar até 60% em supermercados condicionados artificialmente [28]. No supermercado em questão apenas 4% da área total é condicionada, assim, o sistema de refrigeração (refrigeradores e câmaras frias) acaba representando uma parcela maior do consumo final. O Supermercado Escola apresenta um número maior de equipamentos (produção em escala industrial), ao passo que o Supermercado Viçosense tem um tamanho reduzido e atende a um número menor de clientes. Assim, o peso do consumo dos equipamentos nos usos finais é menor no Supermercado Viçosense (11%), reforçando a maior contribuição do sistema de refrigeração (82%).

O consumo por iluminação representou apenas 6% do consumo total nos dois supermercados. Ambos utilizam lâmpadas econômicas (LED) e fazem aproveitamento da iluminação natural por meio dos *sheds*. O sistema de HVAC apresentou um consumo pouco significativo (1%), pois apenas a área administrativa é condicionada artificialmente, cerca de 38 m² que representa apenas 3,9% da área total do Supermercado Viçosense. Além disso, este está inserido em um contexto urbano de alto adensamento e, por isso, é sombreado pelo entorno, o que pode ter reduzido ainda mais a parcela de consumo pelo sistema HVAC comparado ao Supermercado Escola, que apresenta o entorno livre. A densidade de consumo no Supermercado Viçosense (173 kWh/m²/ano) foi menor do que a encontrada no Supermercado Escola (236 kWh/m²/ano), acredita-se que este valor inferior esteja mais relacionado ao uso menos intenso de energia, por uma produção em menor escala.

CONCLUSÃO

O número de trabalhos na literatura que tratam da eficiência energética em supermercados é escasso, apesar da tipologia apresentar uma densidade de consumo de energia significativa. Destaca-se a importância de conhecer o consumo típico da tipologia para auxiliar seus gestores na tomada de decisão em relação às estratégias energeticamente eficientes.

A construção do Supermercado Viçosense passou por diversas modificações e ampliações que interferiram diretamente no sistema de energia. Por este motivo, não existe um quadro geral de energia e nem uma separação por usos finais, muitos dos quadros de energia são inacessíveis. Pela dificuldade de implementar a calibração por dados horários foi utilizada a calibração simplificada por meio de faturas mensais de energia. Mesmo com o processo simplificado de calibração, o modelo atingiu a precisão desejada estando em concordância com os critérios estabelecidos pela Diretriz 14 da ASHRAE.

O diagnóstico energético do edifício estudado mostrou resultados concordantes com as densidades de consumo indicados pelo estudo de caso realizado previamente no Supermercado Escola, com o sistema de refrigeração sendo o maior consumidor de energia para a tipologia, o que é explicado devido à alta demanda para manter os produtos dentro da temperatura ideal e por ser um sistema em funcionamento constante, até mesmo quando o supermercado não está aberto ao público. Como principais usos finais do Supermercado Viçosense foram identificados: sistema de refrigeração (82%), equipamentos (11%), sistema de iluminação (6%) e AVAC (1%).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo financiamento da pesquisa (Convênio para PD&I de Concessão de Cota de Bolsas nº 5.12/2022). O presente trabalho também foi

realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior– Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- [1] BARBOSA, E. F. T.; LABAKI, L. C. Conforto térmico em ambientes de um supermercado de médio porte. XII ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais...Brasília, DF: 2013.
- [2] IYER, S. R. et al. Energy disaggregation analysis of a supermarket chain using a facility-model. **Energy and Buildings**, v. 97, p. 65–76, 2015.
- [3] BRAUN, M. R.; ALTAN, H.; BECK, S. B. M. Using regression analysis to predict the future energy consumption of a supermarket in the UK. **Applied Energy**, v. 130, n. June 2015, p. 305–313, 2014.
- [4] CZAJKOWSKI, J. et al. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN UN SUPERMERCADO. **Avancos en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 8, 2004. ISSN: 0329-5184
- [5] KOLOKOTRONI, M. et al. Supermarket energy use in the UK. **Energy Procedia**, v. 161, n. 2018, p. 325–332, 2019.
- [6] RODRIGUES, T. T. V.; OLIVEIRA, D. F.; CARLO, J. C.; GUIMARÃES, H. S. Uma Discussão Sobre Indicadores Energéticos Para Supermercados. XVI ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...Palmas, TO: 2021.**
- [7] HOU, D.; HASSAN, I. G.; WANG, L. Review on building energy model calibration by Bayesian inference. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 143, 1 jun. 2021.
- [8] TURNER, C.; FRANKEL, M. **Energy Performance of LEED® for New Construction Buildings**. [s.l: s.n.], 2008. Disponível em: <www.newbuildings.org>.
- [9] CHONG, A.; GU, Y.; JIA, H. Calibrating building energy simulation models: A review of the basics to guide future work. **Energy and Buildings**, v. 253, 15 dez. 2021.
- [10] YOON, J.-H.; LEE, E.-J. Calibration procedure of energy performance simulation model for a commercial building. **Journal of Solar Energy Engineering**, v. 125, p. 251–257, 2003.
- [11] COAKLEY, D.; RAFTERY, P.; KEANE, M. A review of methods to match building energy simulation models to measured data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 123–141, 2014.
- [12] ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Measurement of Energy and Demand Savings,” in ASHRAE Guideline 14-2002, 2002.
- [13] AGAMI REDDY, T. Literature Review on Calibration of Building Energy Simulation Programs: Uses, Problems, Procedures, Uncertainty, and Tools. **ASHRAE transactions**, p. 226–240, 2006.
- [14] PEDRINI, A.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. A methodology for building energy modelling and calibration in warm climates. **Building and Environment**, v. 37, p. 903–912, 2002.
- [15] BROUNS, J. et al. Dynamic building performance assessment using calibrated simulation. **Energy and Buildings**, v. 122, p. 160–174, 15 jun. 2016.
- [16] KIM, Y. S. et al. Building energy model calibration with schedules derived from electricity use data. **Applied Energy**, v. 190, p. 997–1007, 2017.
- [17] KUNWAR, N.; CETIN, K. S.; PASSE, U. Calibration of energy simulation using optimization for buildings with dynamic shading systems. **Energy and Buildings**, v. 236, 1 abr. 2021.

- [18] RODRÍGUEZ, G. C. et al. Uncertainties and sensitivity analysis in building energy simulation using macroparameters. **Energy and Buildings**, v. 67, p. 79–87, 2013.
- [19] SUN, K. et al. A pattern-based automated approach to building energy model calibration. **Applied Energy**, v. 165, p. 214–224, 1 mar. 2016.
- [20] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- [21] GOOGLE EARTH. Vista aérea do Supermercado Viçosense, Viçosa/MG em 2020. Localização 20°45'12.64"S, 42°52'59.00"O, altura da câmera 854m.
- [22] RODRIGUES, T. T. V.; CARLO, J. C. Energy Consumption Evaluation for an Experimental Supermarket Located on a University Campus. In: LEAL FILHO, W., DIBBERN, T., DE MAYA, S.R., ALARCÓN-DEL-AMO, MDC., RIVES, L.M. (Org.). **The Contribution of Universities Towards Education for Sustainable Development**. World Sustainability Series. Springer Cham, p. 185-210, 2024.
- [23] ABRAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS. **Ranking Abras 2019** - ano base 2018. Superhiper, v.45, n. 514, 2019. Disponível em: <<https://www.abras.com.br/economia-e-pesquisa/ranking-abras/>>. Acesso em: maio de 2020.
- [24] GUIMARÃES, Í. B. B.; CARLO, J. C. Comparação estatística entre arquivos climáticos desenvolvidos com métodos diferentes. Euro ELECS 2015 - Latin American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities. Anais..., 2015.
- [25] ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2013** - Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2013.
- [26] CPSIMULATOR. Disponível em:<<https://cpsimulator.cimec.org.ar/>>. Acesso em: 21 out. 2020.
- [27] WESTPHAL, F. S. **Análise de incertezas e de sensibilidade aplicadas à simulação de desempenho energético de edificações comerciais**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- [28] SUZUKI, Y. et al. Analysis and modeling of energy demand of retail stores. Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Anais...2011