

Influência do comportamento do usuário no consumo de energia elétrica de edificação educacional

Influence of user behavior on electricity consumption in an educational building

Roberta Vieira Gonçalves de Souza, doutora, UFMG

robertavgs@ufmg.br

Nathali Martins Padovani, mestranda, UFMG

nathalipadovani@gmail.com

Ludmila Cardoso Fagundes Mendes, doutoranda, UFMG

ludmilamendes@ufmg.com.br

Larissa Arêdes Monteiro, doutoranda, UFMG

lam2019@ufmg.br

Guilherme Caixeta Brandão, mestre, IES

guicbrandao@gmail.com

Número da sessão temática da submissão – [04]

Resumo

No Brasil, é comum que o consumo real de energia elétrica em edifícios supere o planejado. O comportamento do usuário pode reduzir o consumo, aumentando a eficiência energética. O objetivo do trabalho foi analisar a efetividade da implementação de medidas sobre o comportamento do usuário para redução do consumo energético em uma edificação pública educacional. Realizou-se diagnóstico do consumo energético; implementação de medidas por Campanha de Conscientização; e avaliação da efetividade da Campanha por aplicação de questionários e comparação do consumo energético. Os resultados mostraram que 50% da energia era consumida com iluminação e que as medidas de mitigação, sobretudo por cartazes com orientações para otimização da luz natural, atingiram efetivamente 17% dos usuários e possibilitou a redução de 7% no consumo médio energético após a aplicação da Campanha. O estudo conclui que mudanças comportamentais são eficazes na redução do consumo de energia elétrica em edifícios e que, além de baixo custo, possuem alto potencial de replicabilidade.

Palavras-chave: Eficiência energética; Gestão da energia; Campanha de conscientização; Iluminação; Edificação institucional

Abstract

In Brazil, it is common for the actual electricity consumption in buildings to exceed the projected values. User behavior can reduce energy consumption, thereby improving energy efficiency. The aim of this study was to analyze the effectiveness of implementing user behavior-based measures to reduce energy consumption in a public educational building. The methodology included an energy consumption diagnosis, the implementation of measures through an Awareness Campaign, and the evaluation of the Campaign's effectiveness through questionnaires and comparison of energy consumption data. The results showed that 50% of the energy was consumed by lighting and that the mitigation measures—particularly posters providing guidance on optimizing the use of daylight—effectively reached 17% of users and enabled a 7% reduction in average energy consumption after the Campaign. The study concludes that behavioral changes are effective in reducing electricity consumption in buildings and, in addition to being low-cost, have a high potential for replication.

Keywords: Energy efficiency; Energy management; Awareness campaign; Lighting; Institutional Building

1. Introdução

Secas frequentes e intensas têm impactado diretamente a geração de energia elétrica no Brasil, cuja principal fonte é a hidroeletricidade. Em 2024, o país registrou a seca de maior extensão territorial dos últimos 70 anos (MCTI, 2024).

Do consumo total de energia elétrica brasileiro, 52% são provenientes de edificações – 28% do setor residencial, 17% do setor comercial e 7% do setor público (EPE, 2025). O contexto intensifica a necessidade de implementação de políticas de eficiência energética para a sustentabilidade da matriz de energia a longo prazo, reconhecendo a relevância das edificações para essa contribuição.

O PROCEL Edifica/Eletróbrás destaca que nenhuma regulamentação por si só é capaz de garantir sustentabilidade em edifícios. Os agentes envolvidos na concepção e uso das edificações são fundamentais para criação e manutenção de edifícios eficientes. Além de uma equipe multidisciplinar no planejamento e construção do edifício, o órgão considera que comportamento, hábito e conscientização dos usuários são decisivos para a eficiência energética (Procel Edifica/Eletróbrás, 2017).

Pesquisas atuais tendem a fazer avaliações centradas no ocupante, uma vez que seres humanos são os ativos mais caros aos edifícios e seu bem-estar e satisfação afetam a produtividade e a saúde pública (Inanici e Hashemloo, 2017). A divergência entre o consumo de energia previsto no planejamento do edifício e o consumo real, durante sua operação, pode ser explicada pelo fato dos sistemas serem constantemente alterados pela insatisfação dos ocupantes. Desta forma, faz-se necessário investigar como o usuário compreende e interage com os sistemas presentes nas edificações.

Ao menos seis fatores podem influenciar o uso de energia elétrica em edificações: clima; envoltória; uso final e sistemas consumidores de energia da edificação; qualidade do ambiente interno; comportamento dos usuários; e operação e manutenção do edifício, que envolve questões de gestão (Yoshino *et al.*, 2017). A falta de conhecimento sobre esses fatores

é uma das principais barreiras para a redução do consumo de energia e o comportamento do usuário tem se destacado como objeto de estudo de pesquisas que buscam melhorias para a eficiência energética de edificações.

Estudos sobre o consumo de energia elétrica do edifício da Universidade Heriot Watt, em Edimburgo, constataram que avanços tecnológicos colaboram para o alcance das metas de redução no uso de energia elétrica. Porém, discrepâncias entre o consumo projetado e o consumo real de energia elétrica são frequentes. Destaca-se a importância de compreender a relação entre o perfil de demanda de energia e o comportamento dos usuários para identificar as lacunas para o uso adequado dos sistemas instalados no edifício. A longo prazo, a economia de energia elétrica pode ser alcançada tanto com projetos de melhor qualidade, quanto com o uso adequado e consciente durante a fase de operação das edificações (Gul *et al.*, 2015).

França *et al.* (2020) defendem que a integração entre os sistemas de iluminação natural e artificial é fundamental para a eficiência energética das edificações. A setorização do sistema de iluminação deve ser prevista no projeto luminotécnico, de acordo com a disponibilidade de luz natural. A possibilidade do usuário poder operar o sistema de iluminação em sintonia com a oferta de luz natural já apresenta, segundo os autores, um grande potencial de economia de energia elétrica.

Furuyama *et al.* (2020) avaliaram o desempenho luminoso da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo e apresentaram diretrizes para o uso eficiente da iluminação artificial com base na gestão integrada à luz natural. A proposta envolveu a colaboração dos usuários no acionamento manual da iluminação em horários definidos pelo uso, estações do ano e condições do céu. Em áreas de acesso restrito, a operação ficaria sob responsabilidade dos funcionários e, nos espaços de uso geral, recomendou-se a criação de uma equipe de controle e uma campanha de conscientização sobre economia de energia. Os resultados indicaram que a gestão proposta poderia reduzir entre 47% e 55% o consumo de energia elétrica com iluminação do edifício, que também contava com iluminação zenital.

O objetivo do trabalho foi analisar a efetividade da implementação de medidas sobre o comportamento do usuário para a redução do consumo energético em uma edificação pública educacional. Este artigo é derivado de uma Dissertação de Mestrado que, apesar de concluída em 2017, apresenta contribuições interessantes e atuais para a eficiência energética de edifícios.

2. Procedimentos Metodológicos

A metodologia do trabalho envolveu quatro etapas: levantamento das características da edificação; diagnóstico do consumo de energia elétrica do edifício; criação de Campanha de Conscientização para o usuário, com proposição de medidas de mitigação do consumo de energia; e mensuração da efetividade da Campanha.

2.1. Estudo de caso

O trabalho usou como estudo de caso a Escola de Arquitetura e Design da UFMG (Figura 1). Datada do final dos anos 1940, com anexo construído na década de 1960, o edifício possui

área de 8.511 m² e é considerado um exemplar da arquitetura modernista em Minas Gerais, conservando suas características arquitetônicas originais. As paredes são em alvenaria e as janelas em vidro simples com dispositivos de proteção solar na parte original da edificação. O sistema de coberturas é composto por laje plana impermeabilizada e telhas de fibrocimento.



Figura 1 – Escola de Arquitetura e Design da UFMG. Fonte: Os Autores, 2025.

Desde o início de seu funcionamento, a instituição sofreu alterações na demanda de espaço e de energia, com a ampliação do espaço físico e a criação de novos cursos, acarretando o aumento significativo do número de usuários, entre professores, funcionários e alunos (Bitarães, 2019). Na época do estudo, a edificação possuía 268 ambientes, entre salas de aula, laboratórios, salas de informática, sanitários, biblioteca, auditório, salas para departamentos, cantina, pátio interno e jardim, distribuídos em cinco pavimentos, interligados por escadas e por dois elevadores. A maior parte dos ambientes contava com ventilação natural. Em apenas algumas salas de reunião e gabinetes de professores havia sistema de condicionamento artificial de ar.

Em 2013 a edificação recebeu Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ENCE, para Edifício Construído, alcançando níveis C em envoltória e B em iluminação com densidade de potência instalada de 7,35 W/m². A maior parte do sistema de iluminação era composto por luminárias sem refletores ou difusores, com lâmpadas fluorescentes de 16 W, 32 W e 40 W e reatores eletrônicos.

2.2. Diagnóstico energético do edifício

A partir das faturas da concessionária de energia elétrica da época do estudo, foi levantado o consumo médio mensal da edificação, em kWh/mês, para os meses letivos entre julho de 2012 a junho de 2014. Para fins de diagnóstico e para evitar distorções na média, os meses do intervalo analisado foram uniformizados para 30 dias.

Para identificação das principais fontes consumidoras de energia elétrica do edifício, foi determinado o consumo desagregado de energia. Inspeções nos ambientes levantaram o quantitativo e as características principais dos equipamentos e dispositivos de iluminação e os horários de uso dos espaços. Os itens levantados foram divididos em cinco grupos principais: equipamentos de informática; equipamentos de refrigeração; equipamentos de sala de aula; sistema de iluminação; e outros. Os principais usuários também foram agrupados: alunos; professores; e funcionários. Cada grupo tende a interagir de forma distinta com a edificação, a depender do ambiente utilizado e tempo de permanência.

As potências médias dos equipamentos foram obtidas pelo Simulador de Consumo da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e pelos *sites* dos fabricantes. As informações do sistema de iluminação foram extraídas do projeto luminotécnico e das planilhas utilizadas para obtenção da Etiqueta PBE.

Para compreender a influência do padrão de ocupação no consumo energético, agrupou-se os ambientes por uso: administrativo; salas de aula; salas de departamentos; laboratórios e oficinas; serviços; e demais ambientes. O consumo de cada grupo foi analisado de acordo com os grupos de equipamento ou sistema de iluminação levantados. O padrão de ocupação dos ambientes administrativos foi baseado no período de trabalho dos funcionários. A operação dos gabinetes dos professores e dos departamentos acadêmicos foi levantada em cada secretaria. As rotinas das salas de aula foram obtidas com a Seção de Ensino.

2.3. Implementação de medidas de mitigação

Como proposição de medidas de mitigação no consumo de energia elétrica, foi desenvolvida Campanha de Conscientização a partir do diagnóstico realizado. As medidas de conscientização tiveram como objetivo informar ao usuário sobre a situação do consumo energético da instituição; informar ao usuário sobre a importância de sua interação com os sistemas existentes; informar ao usuário sobre a divisão de circuitos do sistema de iluminação artificial e sobre o potencial de aproveitamento da luz natural; e estimular a mudança do comportamento do usuário. A Campanha contou com a elaboração de cartazes, apresentação em sala de aula e divulgação por e-mail.

2.4. Mensuração da efetividade da Campanha

Para mensurar a efetividade da Campanha, foi aplicado um questionário para análise qualitativa da percepção do usuário em relação à Campanha e de sua compreensão sobre as informações divulgadas e comparados os consumos de energia elétrica dos períodos de antes e após a aplicação da Campanha de Conscientização.

3. Resultados

3.1. Análise do diagnóstico energético do edifício

Dos dados de consumo real de energia elétrica obtidos do período de julho de 2012 a junho de 2014, desprezaram-se os meses julho e agosto de 2012 – relativo à ocorrência de greve, assim como os meses de setembro de 2012; fevereiro, julho e dezembro de 2013; e janeiro de 2014 – devido às férias acadêmicas. Resultaram, portanto, em 17 meses letivos com consumo médio equivalente a 20.048 kWh/mês (Figura 2). Tal período foi utilizado para possibilitar a comparação com os consumos global e desagregado estimados para o padrão de ocupação do edifício.

A partir da inspeção nos ambientes, os dados levantados apontaram um consumo médio de 19.890 kWh/mês, o que resultou em uma variação de 0,8% do valor médio medido, confirmando que as estimativas feitas para o consumo desagregado representam bastante bem o uso de energia elétrica na edificação.

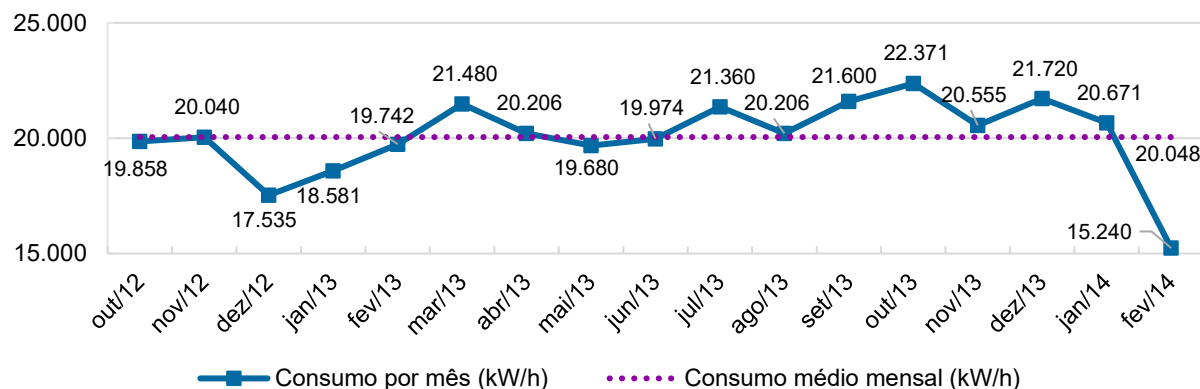


Figura 2 - Consumo de energia elétrica do período pré-Campanha de Conscientização, uniformizado para 30 dias mensais. Fonte: Brandão, 2017.

A partir dos dados dos equipamentos e dos sistemas de iluminação levantados e separados em grupos, pôde-se obter a estimativa do consumo desagregado de energia elétrica por uso final, a qual mostrava que o sistema de iluminação era responsável por 50% do consumo energético da edificação (Figura 3). O sistema de condicionamento de ar representava um valor inexpressivo por estarem instalados em apenas 18% dos ambientes – todos de uso administrativo ou de departamentos acadêmicos – e por ser utilizado somente no verão, período que não correspondia aos meses típicos analisados.

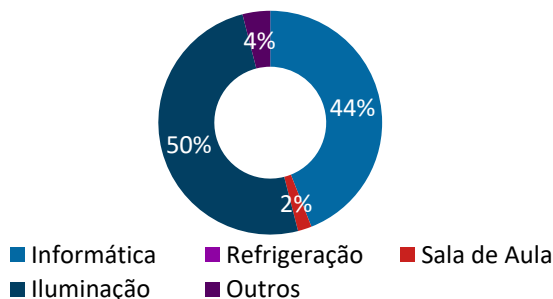
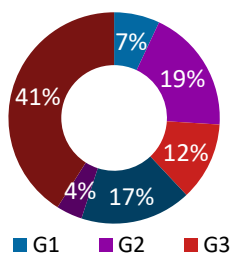


Figura 3 - Consumo de energia elétrica desagregado por equipamento. Fonte: Brandão, 2017

A análise do consumo de energia elétrica do sistema de iluminação (Figura 4) indicou que o Grupo 6, composto por circulação, banheiros, cantina e biblioteca, se apresentava como maior consumidor, seguido pelas salas de aula (Grupo 2).



Grupo 1: administrativo - diretoria, secretaria geral, colegiado
Grupo 2: salas de aula
Grupo 3: salas de departamentos acadêmicos - secretarias, sala dos professores, sala dos bolsistas
Grupo 4: laboratórios e oficinas
Grupo 5: setor de serviço - salas de serviços gerais, depósitos
Grupo 6: banheiros, circulação, cantina, biblioteca

Figura 4: Consumo de desagregado por grupo de ambiente por uso do sistema de iluminação. Fonte: Brandão, 2017

Dos 268 ambientes da escola, identificou-se que 16 possuíam acionamento separado das fileiras de luminárias próximas às aberturas e que este número representava 4,5% do consumo de energia do edifício. Para compreender a possibilidade de aproveitamento da luz natural nesses ambientes na atuação do usuário no sistema, foram realizadas simulações de autonomia anual de luz natural no programa *Daysim*.

A partir do cruzamento dos dados de potência instalada no sistema de iluminação, das rotinas de utilização de cada ambiente e da disponibilidade da luz natural simulada, foi possível verificar a possibilidade de economia de energia elétrica com ampliação da integração com a luz natural. Os resultados das simulações demonstraram grande diferença entre o potencial de economia para cada ambiente analisado. Enquanto a Sala 315 apresentou uma autonomia de luz natural de até 80%, a Sala 414 apresentou um valor de 12%. Em média, estimou-se que a redução do consumo de energia elétrica proveniente do aproveitamento da luz natural poderia alcançar 19% do consumo total destes ambientes, o que representava uma economia de 0,8% do consumo energético total do edifício, ou seja, 171 kWh/mês.

A redução demonstrada na Tabela 1 poderia ser alcançada com a alteração no comportamento do usuário, através do desligamento parcial do sistema durante determinados períodos do dia. Com esta finalidade, foi realizada a introdução de cartazes educativos nos ambientes analisados, descritos no item a seguir, em conjunto com as demais medidas propostas.

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica do sistema de iluminação artificial e potencial de redução de consumo a partir do uso da iluminação natural.

Pavimento	Ambiente (Sala)	Potência instalada iluminação (kWh)	Economia de energia (kWh/mês)	Consumo mensal total (kWh/mês)	Autonomia de luz natural (DA) %	Potencial redução consumo (%)
1º	101A	455	11,61	80,08	30	15
1º	105	55	2,13	11,44	40	19
1º	107	195	5,73	34,32	35	17
1º	109	260	4,05	45,76	20	9
1º	118	65	1,57	6,58	50	24
1º	124C	130	2,05	11,44	36	18
1º	124D	195	2,94	17,16	34	17
1º	124E	260	4,83	22,88	42	21
2º	202B	160	7,70	28,16	55	27
2º	208A	520	28,23	91,52	62	31
3º	310A	390	5,66	68,64	17	8
3º	310D	130	1,78	22,88	16	8
3º	315	1536	47,14	152,06	80	31
4º	400	70	3,13	12,32	51	25
4º	413A	195	1,51	8,58	35	18
4º	414	960	10,39	168,96	12	6

Fonte: Brandão, 2017

3.2. Proposição de medidas de mitigação

Como medidas de conscientização para a atuação de forma responsável e consciente no consumo de energia elétrica, foram elaborados materiais informativos e de incentivo aos

usuários. Sete tipos de cartazes com o conteúdo da Campanha foram enviados por e-mail, entre o começo de abril e final de maio de 2015: (1) apresentação da Campanha; (2) informações sobre o conteúdo e a distribuição dos cartazes; (3) consumo de energia elétrica por equipamento e por grupos de ambientes; (4) consumo de energia por iluminação e por grupos de ambientes; (5) nível de eficiência energética da envoltória e do sistema de iluminação artificial da edificação segundo a Etiqueta PBE Edifica; (6) orientações para os usuários sobre comportamentos que contribuem para a redução do consumo de energia elétrica; (7) conscientização sobre a relevância do comportamento do usuário para o conforto e a eficiência energética da edificação.

As orientações no sexto grupo de cartazes incluíram: apagar as luzes ao sair do ambiente; acionar apenas a iluminação suficiente para a realização da atividade; evitar deixar aparelhos ligados em *stand by*; desligar o monitor do computador quando não estiver em uso; e trocar o elevador pelas escadas. As informações presentes no conjunto de cartazes foram elaboradas de forma a criar uma ordem lógica e a gerar informações sobre o consumo de energia elétrica na edificação e a importância da interação do usuário com os sistemas existentes.

Nas salas de aula, foram afixados 11 cartazes sobre o sistema de iluminação, com conteúdo informativo sobre o aproveitamento da luz natural, acionamento dos circuitos e com mensagens de estímulo à mudança de comportamento dos usuários desses ambientes. Também foi elaborado um cartaz para cada porta da instituição, com um lembrete para o usuário apagar a luz ao sair. A Figura 5 traz exemplos dos cartazes.

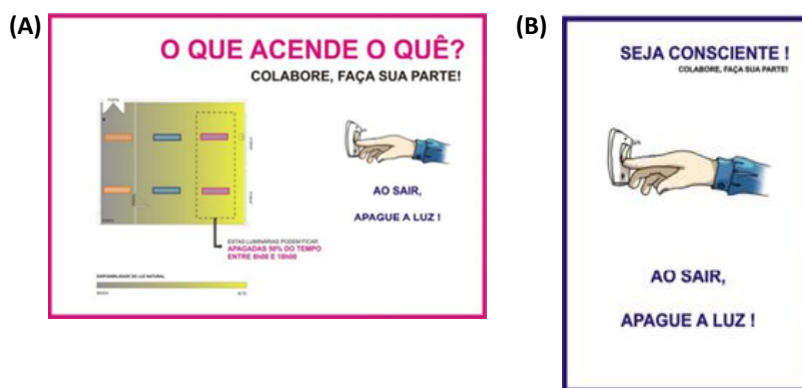


Figura 5 - Cartazes sobre o acionamento dos circuitos de iluminação (A) e para conscientização dos usuários (B). Fonte: Brandão, 2017

Para incentivar a ação dos usuários e facilitar o entendimento do conteúdo dos cartazes, estes foram afixados próximos aos interruptores, tornando sua visualização automática ao abrir e fechar as portas e ao acionar o sistema de iluminação. Ainda, os interruptores foram adesivados com as cores correspondentes às cores assinaladas no cartaz e com a indicação da posição necessária para manter as luminárias apagadas ou acesas. Os dois tipos de cartazes foram apresentados em sala de aula para os alunos e professores sob autorização e colaboração dos colegas dos cursos, diretoria e professores.

3.3. Mensuração da efetividade da Campanha de Conscientização

Para compreender a percepção dos usuários sobre a Campanha, questionários foram

respondidos por 129 pessoas – que à época representavam 9,25% dos usuários da edificação – entre os dias 18 e 26 de junho de 2015. A Figura 6 apresenta dados relativos à percepção dos usuários em relação à Campanha.

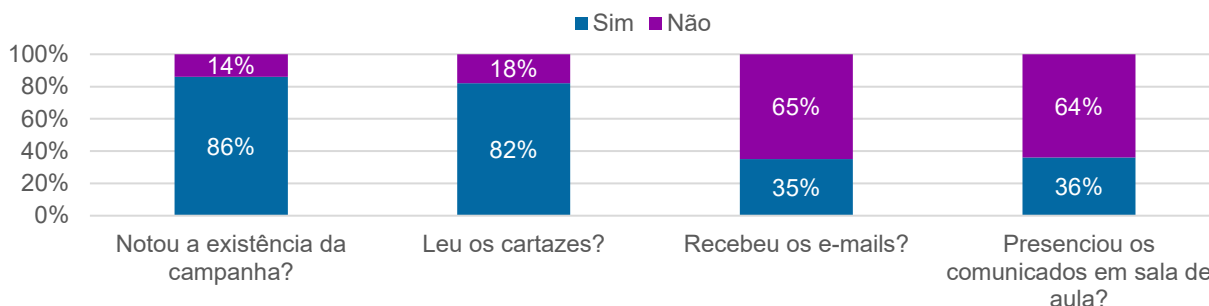


Figura 6 - Percepção dos usuários em relação à Campanha. Fonte: Brandão, 2017

Devido à greve dos servidores técnico-administrativos, iniciada no mês de maio de 2015, não foi possível a aplicação dos questionários para este público. Verificou-se que 86% dos respondentes tomaram conhecimento de alguma das ações da Campanha e que o meio mais efetivo para divulgação foram os cartazes afixados nas salas.

A estratégia de fixação dos cartazes próximos aos acionamentos das luminárias para a atuação no sistema de iluminação artificial mostrou-se eficiente para alertar o usuário para a existência da Campanha. A Figura 7 apresenta os resultados relativos à compreensão das informações fornecidas nestes cartazes. A divisão dos acionamentos de cada luminária foi a informação de mais fácil percepção, sendo que 84% dos usuários afirmaram compreender qual acionamento era responsável por cada luminária. Apenas 5% dos usuários relataram não ter compreendido nenhuma das informações presentes nos cartazes.

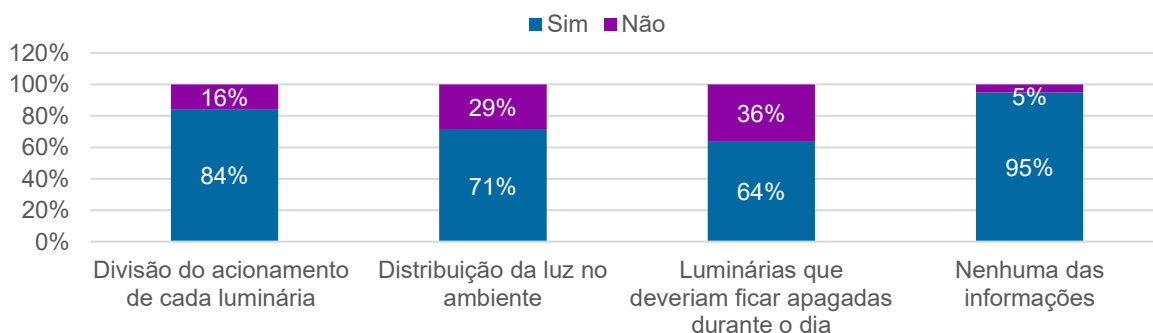


Figura 7 - Percepção dos usuários em relação à Campanha. Fonte: Brandão, 2017

Sobre a relevância das informações, dentre os 35% dos usuários que afirmaram ter recebido as mensagens da Campanha por e-mail, 49% consideraram as informações suficientemente relevantes para mudarem seus comportamentos em relação ao consumo de energia elétrica; 36% acharam as informações interessantes, mas não mudaram o comportamento; e 15% consideraram pouco relevantes as mensagens enviadas.

3.4. Consumo de energia antes e após a Campanha

A análise das faturas de energia elétrica possibilitou obter o consumo da edificação nos meses de março a junho de 2015 (Figura 8), período correspondente aos meses de atuação da

Campanha de Conscientização. A Tabela 2 apresenta a comparação entre os resultados de consumo do diagnóstico energético e do período da Campanha. Nota-se que houve redução de 7% no consumo médio de energia da edificação após a aplicação da Campanha de Conscientização.

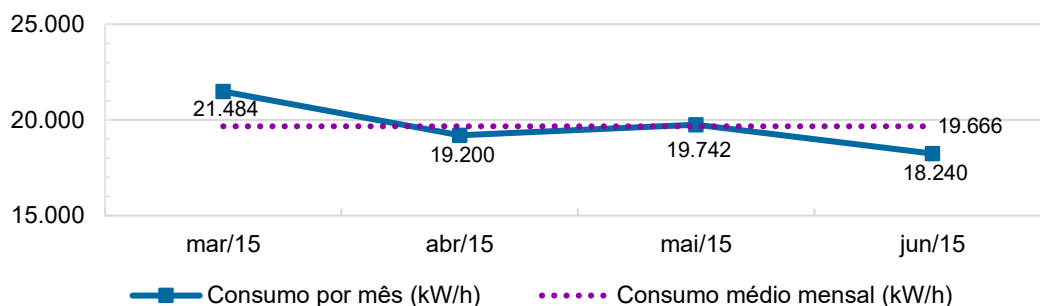


Figura 8 - Consumo de energia elétrica do período da Campanha de Conscientização, uniformizado para 30 dias mensais. Fonte: Brandão, 2017

Tabela 2 - Consumo de energia antes e durante a Campanha

Período	Meses	Consumo médio
Antes da Campanha	jun./2012 a jul./2014	20.048 Kwh/mês
Durante e após a Campanha	mar./2015 a jun./2015	19.666 Kwh/mês

Fonte: Brandão, 2017

4. Análises dos Resultados e Discussões

A Campanha de Conscientização foi motivadora e gerou resultado relevante: redução de 7% no consumo médio de energia elétrica da edificação e percepção de comportamento positivo dos usuários. Observou-se uma hierarquia de atuação, onde os professores foram os principais responsáveis por alterar a operação dos sistemas; fato positivo, por serem membros permanentes da instituição, mas representavam apenas 6% dos usuários, o que limitou o alcance de mudanças mais amplas. Sendo uma edificação com renovação de usuários constante, ressalta-se a relevância em realizar campanhas contínuas e atualizadas. Estudos futuros devem investigar a periodicidade ideal.

Apesar do distanciamento temporal dos dados, os resultados permanecem relevantes por evidenciarem o impacto direto de intervenções comportamentais do usuário no consumo energético. A literatura continua apontando o comportamento do usuário como um dos principais fatores de discrepância entre consumo previsto e real, indicando a permanência desse desafio.

O estudo também evidenciou que comunicar vai além de repassar informação: é necessário fazer-se entender. Embora a tecnologia costume facilitar a comunicação, a utilização dos e-mails como veículo de informação mostrou-se pouco eficaz, o que poderia estar relacionado ao grande número de e-mails institucionais frequentemente recebidos, fazendo com que muitos deles fossem ignorados. No entanto, com base no percentual de usuários que

receberam os e-mails e no percentual de pessoas que consideraram as informações suficientemente relevantes para alterarem seus comportamentos, observou-se que a Campanha atingiu efetivamente 17% dos usuários da edificação.

O resultado destaca a importância da utilização de mais de um tipo de mídia para maior eficácia de alcance em campanhas de conscientização. O advento das redes sociais tem aberto novas possibilidades para divulgação de informação e maior alcance de pessoas. Em campanhas futuras este é um meio a ser explorado.

5. Conclusões

A redução no consumo energético de uma edificação é um processo complexo que demanda tempo, pesquisa, elaboração de diagnóstico e compreensão do comportamento dos responsáveis pelo consumo. Embora avanços tecnológicos contribuam para a realização de atividades com menor consumo de energia, eles não são capazes de atingir sozinho as metas de consumo almejadas. A implantação de medidas tecnológicas para eficiência energética, como sistemas de automação predial, nem sempre é uma opção, seja pelos custos envolvidos, seja por outros fatores que envolvem a gestão das edificações, sobretudo para educacionais e públicas.

A gestão das rotinas de operação e manutenção, além das mudanças no comportamento dos usuários, se mostram como soluções viáveis e com resultados significativos para a redução do consumo de energia elétrica. Nesse sentido, o estudo apresentado neste artigo demonstra que a interação do usuário com os sistemas de uma edificação influencia diretamente o seu consumo de energia. O comportamento dos usuários é, portanto, parte essencial na redução do consumo energético de edifícios e compreender meios de estimulá-los a interagir de forma consciente com os sistemas é um desafio constante.

Em um contexto atual de crescente racionalização dos recursos energéticos, estratégias baseadas na conscientização e mudança de comportamento permanecem como soluções eficazes, de baixo custo e alto potencial de replicabilidade, reforçando a atualidade das contribuições deste estudo.

Referências

BITARÃES, Thais. Guerra. **Retrofit de sistemas: Escola de Arquitetura e Design da UFMG**. 2019. 67f. Monografia de Conclusão de Curso (Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BRANDÃO, G. C. **Estudo de caso do sistema de iluminação da Escola de Arquitetura da UFMG: análise do uso de energia e de medidas de conscientização**. 2017. 152f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2025**: ano base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico->

771/Relat%C3%B3rio%20Final_BEN%202025.pdf. Acesso em 05 dez. 2025.

FRANÇA, Suelem Schier de; FONSECA, Raphaela Walger da; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Método simplificado baseado na disponibilidade de luz difusa para estimar o potencial energético do aproveitamento da luz natural em edificações. **PosFAUUSP**, São Paulo, Brasil, v. 27, n. 51, p. e168249, 2021. DOI: 10.11606/issn.2317-2762.posfau.2020.168249. Disponível em: <https://revistas.usp.br/posfau/article/view/168249>. Acesso em: 5 dez. 2025.

FURUYAMA, Cristiane Mitiko Sato; GONÇALVES, Joana Carla Soares; LIMA, Eduardo Gasparelo; MÜLFARTH, Roberta Consentino Kronka; ROMERO, Marcelo de Andrade. O aproveitamento da luz natural e o uso consciente da iluminação artificial no edifício Vilanova Artigas, sede da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP): diretrizes de uso e gestão energética. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.6, n.11, p. 89456-89477, nov.2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-390. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/20089/16091>. Acesso em 05 dez. 2025.

GUL, Mehreen S; PATIDAR, Sandhya. Understanding the energy consumption and occupancy of a multi-purpose academic building. **Energy and Buildings**, v. 87, p. 155-165, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881400958X?via%3Dihub>. Acesso em 05 dez. 2025.

INANICI, Mehlika; HASHEMLOO, Alireza. An investigation of the daylighting simulation techniques and sky modeling practices for occupant centric evaluations. **Building and Environment**, v. 113, p. 220-231, fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132316303626>. Acesso em 05 nov. 2025.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Secas estão se tornando mais frequentes e intensas no Brasil, aponta Cemaden**. Brasil. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/09/secas-estao-se-tornando-mais-frequentes-e-intensas-no-brasil-aponta-cemaden>. Acesso em: 09 nov. 2025.

PROCEL EDIFICA/ELETROBRÁS. **Manual para Aplicação do RTQ-C**: Comercial, de Serviço e Público. Eletrobrás/Procel. Versão 4. 2017. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf. Acesso em 05 nov. 2025.

YOSHINO, Hiroshi; HONG, Tianzhen; NORD, Natasa. IEA EBC annex 53: Total energy use in buildings - analysis and evaluation methods. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 124-136, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817318716?via%3Dihub>. Acesso em 05 nov. 2025.