



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DE ITUIUTABA - MG

Carlos Zoete Gomes da Costa¹, Daniela Freitas Borges², Gabriela Costa de Oliveira², Viviane Araújo Arantes¹, Cleonice Barbosa Pereira³, Aurea Messias de Jesus²

¹Discente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil
(czoette@gmail.com)

²Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil

³Bacharel em Engenharia Elétrica. Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil

Resumo: Realizada uma análise da eficiência energética em uma residência localizada na cidade de Ituiutaba - MG, que apresenta problemas em suas instalações elétricas, incluindo a quantidade insuficiente de tomadas de uso geral, circuitos mal dimensionados, ausência de tomadas de uso específico e iluminação ineficiente. A abordagem metodológica adotada foi a pesquisa exploratória, visando aprofundar os conhecimentos sobre eficiência energética, bem como a realização de um estudo de caso.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Residencial; Dimensionamento; Iluminação.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o funcionamento de residências, indústrias e estabelecimentos comerciais, sendo vital para a maioria das atividades realizadas pelo ser humano. Ao longo dos anos, impulsionada pelo avanço das tecnologias, pelo crescimento da renda familiar e pelo aumento dos domicílios, a demanda por energia elétrica vem aumentando.

O crescimento no uso de eletrodomésticos resultará na elevação do consumo de energia elétrica nas residências. Estima-se que o consumo aumente 2,0% ao ano entre 2018 e 2029. O aumento da renda familiar e a crescente procura por ambientes climatizados farão do ar condicionado o principal responsável pelo aumento do consumo de eletricidade nas residências (Brasil, 2020).

Neste contexto surge a eficiência energética, visando a redução da demanda nas residências, minimizando desperdícios, promovendo o uso de energia elétrica de forma mais consciente, modificando hábitos e propondo métodos de redução do consumo energético.

Dentre os diversos métodos de redução do consumo de uma instalação, a substituição de lâmpadas e equipamentos por modelos mais eficientes é um método muito eficaz, no entanto esse método ainda pode ser combinado com a utilização de energias limpas, como por exemplo a energia solar.

Neste cenário surge a motivação do desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, que se justifica

pelo aumento das tarifas de energia elétrica dos consumidores e com a busca pela redução do consumo de energia, propiciando um menor consumo de energia e a diminuição da demanda de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada será a pesquisa exploratória para conhecimento sobre eficiência energética, as leis e programas que tratem de eficiência energética e consumo consciente. A pesquisa bibliográfica que compõem o estado da arte foi realizada em livros, revistas, artigos e outros.

A segunda parte do trabalho consiste em um estudo de caso onde foi realizado um levantamento da quantidade e potência dos equipamentos da residência, assim como do tipo de iluminação utilizada. A fatura de energia da residência também foi analisada, visando conhecer os hábitos de consumo da residência.

A fase final do projeto consiste em apresentar soluções que podem ser implementadas na residência, visando garantir a eficiência energética, usando as normas regulamentadoras para estabelecer as premissas de uma instalação dimensionada corretamente e que cumpra os requisitos básicos de segurança, além de se basear em trabalhos correlatos que abordem a mesma temática e metodologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência Energética

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2019), eficiência significa fazer mais ou igual, com menos,



mantendo qualidade e conforto. Em relação à eficiência energética significa gerar a mesma quantidade de energia usando menos recursos naturais, ou realizar o mesmo serviço utilizando menos energia.

“Além de buscar equipamentos mais eficientes, os cidadãos podem fazer a diferença para o meio ambiente utilizando a energia de forma consciente, evitando desperdícios. Com pequenas mudanças de hábito, é possível economizar na conta de luz, gás ou combustível de automóveis. Com o aumento da eficiência energética e o uso consciente de energia, serão necessários menos recursos naturais para gerar energia, com menores impactos negativos ao meio ambiente (Empresa de Pesquisa Energética, 2019).”

A prática da eficiência energética acontece através da evolução tecnológica e dos hábitos do usuário da energia, o que inclui o tempo em que os aparelhos ficam ligados e os métodos de uso (Hoffmann, 2022).

Eficiência Energética no Brasil

No Brasil, a eficiência energética é apresentada, segundo Amorim (2020): “Lei de Eficiência Energética, pelas empresas de serviços de conservação de energia (ESCOS), os Órgãos reguladores, bem como os principais programas e selos certificadores responsáveis por sua aplicação”.

Análise da Fatura de Energia

A fatura de energia apresenta a classe residencial bifásica, com a modalidade tarifária convencional B1, informa o consumo mensal de 274 kWh, o valor com impostos, a taxa de iluminação pública e a bandeira tarifária atualmente em vigor, que é a vermelha. A bandeira vermelha indica condições mais severas, o que reflete no valor das tarifas de energia.

Estudo de Caso

O presente trabalho teve como propósito realizar uma análise da eficiência energética em uma edificação residencial localizada na cidade de Ituiutaba, estado de Minas Gerais. Para tal, foi realizada uma visita técnica visando levantar os equipamentos utilizados na residência, assim como a quantidade de pontos de tomadas, a iluminação empregada e verificar se a instalação apresentava os critérios básicos estabelecidos pelas normas regulamentadoras.

A edificação residencial abrange uma área construída de 123 m², distribuída em 11 cômodos, e atualmente possui 2 moradores. O índice de consumo é elevado, com valores mensais superiores a R\$300,00. Além disso, existem queixas dos moradores em relação a falha no fornecimento de energia elétrica e a problemas no uso diário, relacionados com a má divisão dos circuitos, aspectos que serviram como

motivações para a elaboração do trabalho de conclusão de curso.

Outro fator decisivo para escolha do desenvolvimento do presente trabalho é o tempo que a instalação foi realizada, cerca de 40 anos atrás, sendo efetuadas apenas manutenções corretivas desde a época de sua instalação.

Equipamentos da residência

Cômodo	Eletrodoméstico	Potência (W)
Escritório 1	Ar condicionado 30.000 btus	2638
	Impressora	1085
	Scanner	2800
	Computador	350
	Notebook	40
	Impressora	300
	Impressora	1200
	Telefone fixo	30
Sala	Televisão	200
	Ventilador	250
Escritório 2	Notebook	65
	Impressora	630
	Scanner	50
	Aparelho de som	15
	Ar condicionado 12.000 btus	1085
	Estabilizador	300
	Ferro de passar	1000
	Carregador	18
Quarto	Impressora	1200
Banheiro de visitas	Chuveiro	5000
Quarto casal	Chapinha	100
	Secador de cabelo	1250
Banheiro casal	Chuveiro	5000
Cozinha	Geladeira 300 l	250
	Geladeira 480 l	300
	Fogão elétrico	90
	Fogão elétrico	90
	Forno	5000
	Microondas	1300
	Máquina de lavar roupa	380
Lavanderia	Tanquinho de lavar roupa	380
	Furadeira	600
	Compressor de ar 10 psi	450
	Lixadeira	180
	Makita	1400

Figura 1. Dispositivos e potência elétrica.

Iluminação

Durante a visita técnica, foi efetuado um levantamento sobre o tipo da iluminação empregue na residência, bem como sua potência. A Figura 2 expõe a quantidade de lâmpadas e a potência em cada um dos ambientes.

Cômodo	LED	Fluorescente	Potência LED	Potência Fluorescente
Escritório 1	1	-	20 W	-
Sala	2	-	9 W	-
Escritório 2	1	-	30 W	-
Corredor	-	1	-	9 W
Quarto	1	-	9W	-
Banheiro de visitas	1	-	9W	-
Quarto casal	1	-	9W	-
Banheiro casal	2	-	9 W	-
Cozinha	2	-	30 W e 50 W	-
Lavanderia	-	2	-	9 W
Garagem	1	-	9 W	-

Figura 2. Potência e quantidade de lâmpadas por cômodo.

A maior parte da iluminação da residência utiliza a tecnologia LED, no entanto no corredor, e na lavanderia, ainda se utilizam lâmpadas fluorescentes,



que permanecem em funcionamento por muitas horas. Todos os cômodos da edificação possuem apenas um ponto de iluminação, sendo observado que em áreas de grande extensão, empregam-se lâmpadas de maior potência para suprir a demanda de iluminação desses ambientes.

Em decorrência dos problemas relacionados à instalação elétrica, a vida útil das lâmpadas de LED é reduzida, provocando um gasto a mais para os moradores da residência, que precisam realizar a substituição de forma precoce.

Instalação elétrica

Apenas um cômodo da edificação conta com tomada de uso específico, a qual é destinada ao ar condicionado.

O quadro de distribuição da residência é antigo, não possuindo espaço para alocação de novos disjuntores, e em decorrência disso, o ar condicionado do escritório 2 está conectado diretamente a um disjuntor presente no ambiente.

Além de não possuir espaço para a instalação de novos circuitos, o quadro de distribuição se encontra sem nenhum tipo de dispositivo de proteção, como o disjuntor residual (DR) e o dispositivo de proteção contra surtos (DPS), que são fundamentais contra eventuais problemas decorrentes de fuga de corrente elétrica, sobretensões ou curto-circuitos.

A bitola dos condutores para circuitos de tomada é de 2,5 mm², enquanto que para os circuitos de iluminação é de 1,5 mm². A rede principal da residência possui uma bitola de 6 mm².

Além dos problemas discutidos ao longo deste capítulo, constatou-se que em determinados ambientes, como o escritório 1, a utilização de extensões, uma vez que apesar de contar com duas tomadas no ambiente, apenas uma está em funcionamento. Na residência, em alguns pontos, as tomadas não funcionam. Na cozinha, não há nenhuma tomada de uso específico, sendo usados T's para ligar o forno, que derretem após um período de uso, devido à elevada potência do eletrodoméstico.

Propostas de aplicação de medidas de Eficiência Energética

Iluminação

A quantidade de lux médios foi obtida através da NBR 5413 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992), que apesar de ter sido substituída pela ABNT NBR/ISO 8995-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013) atendeu as necessidades do trabalho.

A Figura 3 apresenta a quantidade de lâmpadas e a potência de cada uma delas por ambiente.

Cômodo	Total de lúmens	Quantidade Lâmpadas	Quantidade Lúmens	Potência
Escritório 1	6734	6	1055 lm	12W
Sala	3229,2	1	560 lm	7W
Escritório 2	5284,8	4	810 lm	9W
Corredor	642	5	1055 lm	12W
Quarto	2571,15	1	810 lm	9W
Banheiro de visitas	527,8	2	1055 lm	12W
Quarto casal	4131	1	560 lm	7W
Banheiro casal	527,8	4	1055 lm	12W
Cozinha	4838,94	1	810 lm	9W
Lavanderia	5301,45	5	1055 lm	12W
Garagem	2462,4	2	1055 lm	12W
		1	560 lm	7W

Figura 3. Quantidade de lâmpadas e potência por ambiente.

Instalação elétrica

Durante a visita técnica, foram realizadas medições em todos os ambientes da residência, visando determinar o perímetro e a área, que são fundamentais para definir a quantidade e a potência das tomadas de uso específico, de acordo com a norma NBR 5410 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004).

Entre os diversos ambientes da residência, apenas na sala, no corredor e no quarto não devem ser instaladas tomadas de uso específico. O escritório 1 é o único cômodo da residência que dispõe de uma tomada de uso específico, com a dedicada à ligação do ar condicionado. O escritório 2 requer uma TUE para ligação do ar condicionado e outra para ligação do ferro elétrico; os banheiros necessitam de uma para ligação dos chuveiros elétricos; o quarto do casal demanda uma para ligação do secador de cabelo; a cozinha requer instalação para o forno elétrico e a lavanderia precisa de ligação para a máquina de lavar.

Dimensionamento de Cargas e Circuitos

O dimensionamento das cargas e circuitos é realizado utilizando-se a potência ativa, o fator de potência e a potência reativa. É fundamental que os circuitos sejam distribuídos de forma equilibrada entre as duas fases.

Os circuitos elétricos da residência devem ser organizados em: circuito 1 – iluminação do escritório 1, garagem, sala e cozinha; circuito 2 – iluminação do escritório 2, corredor, quarto, banheiro de visitas, quarto do casal, banheiro do casal e cozinha; circuito 3 – TUG's da cozinha; circuito 4 – TUG's da lavanderia; circuito 5 – TUG's do escritório 1, sala, escritório 2, corredor, quarto e da garagem; circuito 6 – TUG's do banheiro de visitas, quarto do casal e do banheiro do casal; circuito 7 – TUE do ar condicionado do escritório 1; circuito 8 – TUE do ar



condicionado do escritório 2; circuito 9 – TUE do ferro de passar do escritório 2; circuito 10 – TUE do chuveiro elétrico do banheiro de visitas; circuito 11 – TUE do secador de cabelo do quarto do casal; circuito 12 – TUE do chuveiro elétrico do banheiro do casal; circuito 13 – TUE do forno elétrico da cozinha e circuito 14 – TUE da máquina de lavar da lavanderia.

Conforme as normas, o quadro de distribuição deve dispor de uma quantidade de circuitos reserva, o que deve ser proporcional ao número de circuitos projetados, desta forma, neste contexto, é imprescindível que o quadro de distribuição contenha 4 circuitos reservas.

Dimensionamento dos Condutores e da Proteção

Um total de 14 circuitos foi dimensionado. Os circuitos de iluminação devem possuir uma seção de $1,5 \text{ mm}^2$, enquanto as tomadas de uso geral a seção mínima de $2,5 \text{ mm}^2$. Os condutores destinados a tomadas de uso específico devem possuir uma seção de 6 mm^2 .

Adequações

Durante a visita técnica, constatou-se que a maioria dos equipamentos permanece em modo de espera, o que embora não tenha impacto significativo na fatura de energia, trata-se de um comportamento que pode ser ajustado.

O eletrodoméstico mais antigo encontrado na residência é a geladeira de 300 litros, que será substituída pela geladeira de 480 litros, que apresenta maior eficiência energética, o que pode resultar na diminuição das faturas de energia.

O aparelho de ar condicionado do escritório 1 apresenta um elevado consumo mensal, e uma estratégia de economia consiste em regular a temperatura do equipamento entre 20 e 24°C. Em relação ao chuveiro elétrico, o uso consciente é primordial, sendo indispensável a diminuição do tempo do banho.

A substituição das lâmpadas da residência deve ser efetuada. Uma recomendação é o uso das lâmpadas de LED da marca Avant, que oferecem qualidade superior e um excelente custo-benefício. Atualmente, a residência utiliza lâmpadas da marca Philbra, as quais têm demonstrado falhas e não satisfazem integralmente as necessidades do ambiente doméstico.

Após as modificações na instalação elétrica, os moradores da residência notarão não apenas uma redução na conta de energia, mas também a resolução dos problemas inicialmente identificados, como as interrupções no fornecimento de energia, assegurando, assim, a integridade dos equipamentos.

CONCLUSÃO

Uma instalação elétrica mal dimensionada, o uso de equipamentos obsoletos e o tipo de iluminação utilizada em uma residência impactam diretamente na fatura de energia. A crescente preocupação com a eficiência energética, aliada a redução das tarifas tem levado os consumidores a adotar práticas de consumo mais responsáveis, além de promover a substituição de equipamentos e a otimização das instalações elétricas.

O estudo proposto teve como objetivo a avaliação da eficiência energética em uma residência localizada na cidade da Ituiutaba, no estado de Minas Gerais. Foi realizado um levantamento da potência dos equipamentos encontrados na residência, bem como a quantidade e o tipo de iluminação utilizada, além das tomadas de uso geral e específico. O estudo incluiu uma pesquisa bibliográfica sobre as leis que normatizam a eficiência energética no Brasil, bem como os programas, empresas, e órgãos reguladores que tratam da temática.

Na visita técnica realizada na fase inicial do trabalho, foram observados problemas graves nas instalações elétricas da residência, incluindo dimensionamento incorreto dos circuitos, a ausência de tomadas, a instalação elétrica antiga, existência de emendas nos fios, ausência de tomadas de uso específico, quadro de distribuição antigo e sem disponibilidade para a adição de novos disjuntores.

A potência das lâmpadas presentes na residência é insuficiente para satisfazer as exigências de cada ambiente, situando-se abaixo dos níveis recomendados pelas normas estabelecidas. Os únicos ambientes que dispõem de uma potência de iluminação adequada são o corredor e os dois banheiros da residência. Em contrapartida, a cozinha, que possui dois pontos de iluminação, ao somar as potências das lâmpadas, resulta em um valor superior ao previsto.

A residência apresenta uma quantidade insuficiente de pontos de energia, dispondo apenas de uma tomada de uso específico no escritório 1, destinada à ligação do aparelho de ar condicionado de 30.000 btus. Os demais cômodos não possuem tomadas de uso específico, apesar de possuir equipamentos especiais. De acordo com a análise de dimensionamento realizada, a residência deve contar com oito tomadas destinadas a usos específicos.

As tomadas de uso geral são insuficientes em todos os ambientes, tornando frequente a necessidade do uso de extensões. O escritório 1 e a sala dispõem de apenas duas tomadas, embora as regulamentações exijam um total de três; o escritório 2 e o quarto do casal dispõem de apenas uma tomada, quando a norma indica a necessidade de duas. O corredor não dispõe



de nenhuma tomada, no entanto deveria possuir pelo menos uma. No quarto de visitas conta apenas com uma tomada, enquanto o padrão requer pelo menos duas. Ambos os banheiros, assim como a garagem, não dispõe de tomadas, sendo que cada um deveria ter pelo menos uma. A cozinha possui apenas 3 tomadas, onde o ideal seria um total de cinco. Por fim, a lavanderia deveria dispor de cinco tomadas, mas atualmente conta apenas com duas.

A seção nominal dos condutores instalada na residência é de 1,5 mm² para iluminação e 2,5 mm² para as tomadas de uso geral; entretanto, observa-se um dimensionamento inadequado dos circuitos, que se limitam a 6 unidades, e além disso, o quadro de distribuição não dispõe de espaço para circuitos reservas. O dimensionamento propõe a divisão da instalação residencial em 14 circuitos, entre iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, além de estabelecer 4 circuitos adicionais como reservas.

As adequações da instalação elétrica, a substituição das lâmpadas e a mudança nos hábitos de consumo irão impactar de forma significativa na fatura de energia elétrica. Com a reformulação da instalação, torna-se viável a implementação de um sistema fotovoltaico, com o intuito de uma maior economia na fatura de energia elétrica, uma vez que utiliza-se de forma constante equipamentos de ar condicionado, os quais, em períodos de calor, resultam em um aumento significativo na fatura de energia.

REFERÊNCIAS

- Amorim, Manoel Rubem. Eficiência Energética Residencial: um estudo de caso. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- Aneel. Programa de Eficiência Energética. 2019. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021920_2.pdf. Acesso em: 29 out. 2024.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- Brasil. Plano decenal de expansão de energia 2029. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>. Acesso em: 08 nov. 2024.
- Epe. Eficiência Energética. Empresa de Pesquisa Energética, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/eficiencia-energetica>. Acesso em: 05 out. 2024.

Hoffmann, Natália Schirlei. Estudo do impacto do conhecimento em eficiência energética no consumo de energia elétrica residencial. 2022. Artigo (Bacharel em Engenharia de Energia) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2022.