

## A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO AGENTE MITIGADOR DO CONSUMO DE RECURSOS ENERGÉTICOS BRASILEIROS

Maria Fabiana Baldoino da Paixão; Miguel Iglesias Duro

Programa de Engenharia Industrial – Universidade Federal da Bahia (UFBA)

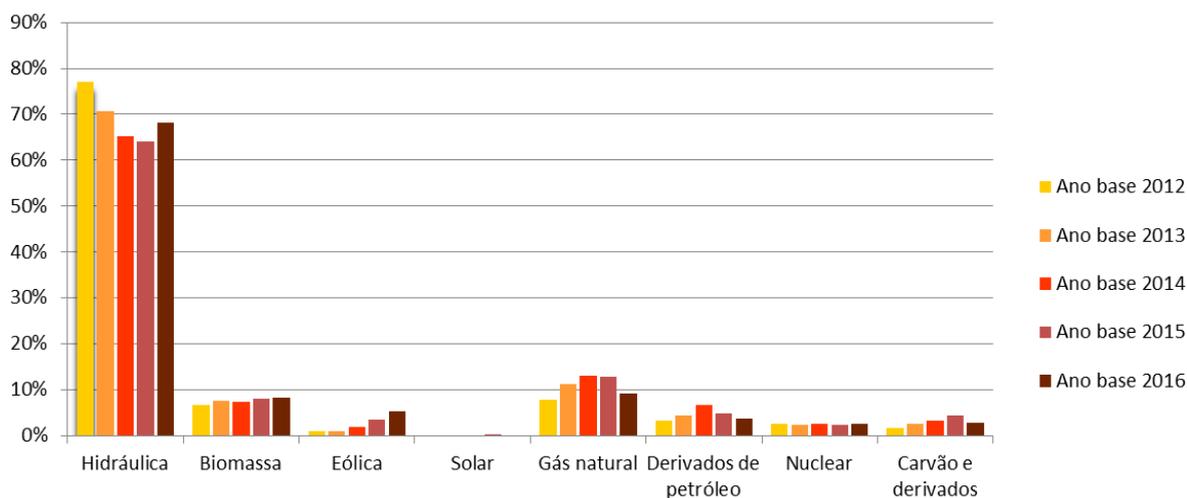
**Resumo:** No Brasil, a matriz elétrica é predominantemente hidráulica. Contudo com as atuais mudanças climáticas que comprometem os recursos hídricos, usinas térmicas são acionadas a fim de atender a demanda elétrica nacional. Embora o processo industrial associado às fontes não renováveis exerça um papel fundamental nas atividades econômicas do país, é também responsável por índices de poluição ambiental a nível local, regional e global. Nesse sentido, as fontes renováveis vêm ganhando representatividade no potencial gerador elétrico brasileiro. Contudo, substituir a fonte geradora antecedendo medidas de uso eficiente da energia, mantém a configuração de desperdício elétrico. Nas Universidades Federais Brasileiras as despesas em energia elétrica despontam o terceiro maior grupo. Este trabalho tem como objetivo propor alternativas para a redução das despesas energéticas na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Para tanto a metodologia utilizada foi dividida em duas partes: 1. Caracterização instituição e do sistema fotovoltaico existente; 2. Aferição das condições de iluminância em 12 salas de aula da unidade. Foi verificado que 92% das salas de aula apresentam condições de iluminância inferior ao previsto em norma (NBR/ISO 8995-1). É possível concluir que a eficiência energética é o pontapé inicial rumo à redução do consumo energético numa construção, devendo preceder a implantação de sistemas de micro e mini geração. Devido ao fato de as construções universitárias estarem em grande quantidade em todo país, a implementação dessas medidas podem contribuir com a redução do consumo energético nacional e diversificação da matriz energética brasileira.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, Energia renovável, Energia elétrica, Universidades Federais.

### Introdução

No Brasil, a maior parte da demanda elétrica é atendida pelos recursos hídricos, sendo as usinas hidroelétricas responsáveis por uma parcela correspondente a 68,1% da matriz elétrica Brasileira (MMEa, 2017). Contudo, com as atuais mudanças climáticas que comprometem os recursos hídricos, as hidroelétricas reduzem a capacidade de abastecimento nacional, sendo necessário o acionamento das termelétricas cuja energia provém do calor gerado pela queima de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, óleo e gás, entre outros. Quando comparada com as hidroelétricas, a energia gerada por meio das termelétricas é mais cara, além de nocivas ao meio ambiente, gerando poluição ambiental a nível local, regional e global (GOLDEMBERG, 2000).

Embora as atividades industriais associadas aos recursos não renováveis tenham um papel fundamental nas atividades econômicas do país, o setor elétrico brasileiro apresenta uma notável transição em função da expansão das fontes renováveis. A Figura 1 ilustra a representatividade das fontes renováveis e não renováveis na matriz elétrica brasileira ao longo de cinco anos (MMEa, 2017).



**FIGURA 1 - Matriz Elétrica Brasileira - de 2012 a 2016**

Fonte: Adaptado de Ministério das Minas e Energia - Relatório Síntese BEN.

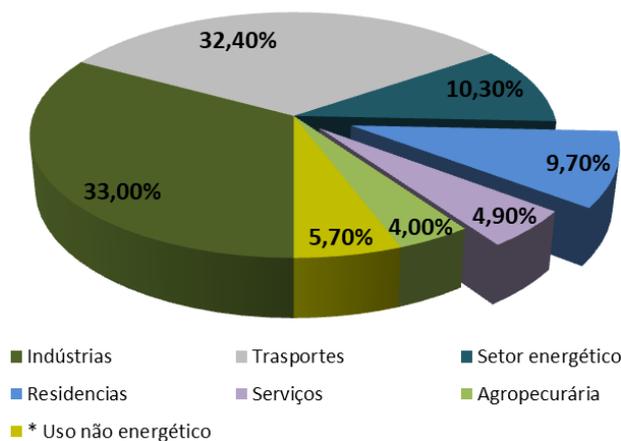
É possível perceber que a energia elétrica de fonte eólica e biomassa apresentou representatividade crescente. Embora a energia elétrica proveniente do gás natural e dos derivados do petróleo tenham apresentado decréscimos entre os anos de 2014 e 2016, a energia elétrica resultante da fissão nuclear e carvão ainda demonstram expansão nos três últimos anos. Nesse sentido, o aproveitamento das energias renováveis para geração de energia configura uma alternativa para diversificação da matriz elétrica brasileira.

Embora a geração elétrica a partir de fontes renováveis possa contribuir com a mitigação dos impactos ambientais ocasionados pela exploração dos combustíveis fósseis e construção e funcionamento das hidroelétricas, é importante destacar a necessidade do uso eficiente da eletricidade independente da fonte geradora. Do contrário, os esforços na expansão das energias renováveis acabam sendo direcionados à energéticos associados ao uso ineficiente da energia elétrica. Este conceito está de acordo com as proposições dos pesquisadores Haase e Amato (2006) na abordagem ao *Energy Triangle Approach*, onde realizam uma analogia entre o consumo energético de uma construção e a estrutura de uma pirâmide.

A base da pirâmide é estruturada na conservação energética, a qual deve ser considerada desde a fase de planejamento de uma edificação. Em seguida, destaca o incentivo da eficiência através do uso dos mais recentes

dispositivos e componentes de eficiência energética. E em terceiro e último lugar, o topo da pirâmide corresponde à energia remanescente que deve ser produzida por meio de fontes energéticas renováveis (HAASE; AMATO, 2006; JAMALUDIN; MAHMOOD; ILHAM, 2017).

Ao se analisar o consumo energético brasileiro por setor, no ano de 2016, percebe-se que a maior parcela é destinada ao setor industrial, seguido pelo setor de transportes, conforme a Figura 2 (MME, 2017).



**FIGURA 2 - Consumo energético por setor no ano 2016**

Fonte: Adaptado de Ministério das Minas e Energia - Relatório Final BEN, 2017.

O setor residencial, quando associado ao setor de serviços, desponta como o terceiro maior grupo (14,6%), respondendo a uma parcela superior ao setor de transportes. Esse quadro demonstra a necessidade de atenção às edificações de tipologia residencial, comercial e pública, quando diante de esforços para a redução do consumo energético nacional. Dentre as fontes energéticas utilizadas nestas tipologias, a energia elétrica responde pela maior parcela do consumo energético, correspondendo a 46% nas edificações residenciais, 91,3% nas edificações comerciais e 92,4% nas edificações públicas (MME, 2017).

Em grande parte das instituições públicas a fatura de energia elétrica é uma das maiores despesas considerando os itens de pagamento mensal. De acordo com a Secretaria de Educação Superior do Brasil (SESu), do Ministério da Educação (MEC), a energia elétrica foi o terceiro maior grupo de despesas nas Universidades Federais brasileiras em 2015. Essas despesas estão associadas (entre outros fatores) ao uso de equipamentos ineficientes e também à falta de uso eficiente e racional de energia pelos usuários (ANEEL, 2016).

Atualmente as edificações do setor público estão sendo incentivadas a reduzir o consumo de energia, reduzir os custos de energia, demonstrar

novas tecnologias promovendo incentivo ao setor privado a adotar as práticas de eficiência energética (HARRIS et al., 2004). Geralmente edificações desta tipologia operam abaixo do potencial de eficiência atual, exibindo, portanto, um considerável potencial para economia energética (SBCI, 2009). A questão energética requer maior atenção em edifícios educacionais que em edifícios de outra tipologia, devido ao seu cenário particular como ocupantes específicos, atividades e padrão de ocupação (MAIORANO; SAVAN, 2015; ALLAB et al., 2017).

No Brasil as Universidades Federais totalizam 63 (sessenta e três), sendo 5 (cinco) na região Centro Oeste, 18 (dezoito) no Nordeste, 10 (dez) no Norte, 19 (dezenove) no Sudeste e 11 (onze) no Sul (MEC, 2018). Devido ao fato de as Universidades Federais serem inúmeras e distribuídas por todo território nacional, oferecem, portanto potenciais oportunidades para economia de energia e produção energética renovável, contribuindo com os esforços na redução do consumo elétrico nacional e na diversificação da matriz elétrica brasileira. O presente estudo de caso tem como objetivo discutir propostas para redução das despesas energéticas na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, localizada na cidade de Salvador, Brasil.

### **Metodologia**

A metodologia adotada para esta pesquisa foi dividida em duas partes: 1. Caracterização da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EP-UFBA) e do sistema fotovoltaico existente; e 2. Coleta dos dados da Iluminância (parâmetro quantitativo do ambiente luminoso) em 12 (doze) salas de aula da EP-UFBA, em condições noturnas e com lâmpadas ligadas. Para isso, utilizou-se da instrumentação de medição de iluminância, o Luxímetro, previsto na ISO 50002: 2014 - Diagnósticos energéticos - Requisitos com orientação para uso (ISO, 2014). Para cada sala de aula foram realizadas de 10 (dez) a 20 (vinte) aferições por intercessão da instrumentação, sendo a mesa de trabalho adotada como ponto de referência no plano horizontal. Uma análise estatística e gráfica dos dados coletados foi realizada.

### **Resultados e Discussão**

A Escola Politécnica da UFBA foi construída na década de 1950, na cidade Salvador, localizado em uma zona climática de Floresta Tropical (Af). A unidade aloca os Departamentos de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Construção e Estruturas, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Química, Engenharia Ambiental, Engenharia de Transportes e Geodésia. Além disso, comporta 40 (quarenta) laboratórios e 27 (vinte e sete) salas de aula (Escola Politécnica, 2018).

A construção totaliza 8 (oito) pavimentos, e embora sua estrutura arquitetônica favoreça a ventilação e iluminação natural (através de fachadas com cobongós vazados e esquadrias voltadas para o litoral), existem sistemas de ar condicionado operantes durante todo o ano (devido às condições climáticas) e também sistemas de iluminação operantes durante o turno da noite.

A estrutura do prédio acopla um pequeno sistema de placas fotovoltaicas, instaladas no ano de 2008. O sistema dispõe de módulos com potência de 45 Wp, compostos de 32 (trinta e duas) células solares de silício policristalino, arranjadas em 4 (quatro) ramos de 8 (oito) células conectadas em série, com os ramos conectados em paralelo. Os inversores instalados possuem potência máxima de 2000W, 60% maior que a potência de pico dos módulos a ele conectados, possibilitando a imersão de novos módulos ao sistema existente (LOPES, 2008). No entanto, o sistema atualmente apresenta duas células a menos, tendo sua capacidade reduzida quando comparada ao sistema inicial. A Figura 3 traz o detalhamento da fachada EP-UFBA e a Figura 4 o arranjo dos módulos fotovoltaicos no ano de instalação. A iluminação presente nas salas de aula é predominantemente atendida por lâmpadas fluorescentes modelo T8 60cm, que são acionadas durante a jornada de aulas no período noturno. Embora as lâmpadas LED (*Light Emitter Diode*) já estejam disponíveis no mercado, e respondam como uma tecnologia mais eficiente e duradora (SANTOS, 2015) estas lâmpadas estão sendo introduzidas gradativamente no campus, na medida em que as lâmpadas fluorescentes encerram sua vida útil.



**FIGURA 3 - Fachada da EP-UFBA**

Fonte: autor, 2018.



**FIGURA 4 - Painéis fotovoltaicos**

Fonte: LOPES, 2008.

A NBR ISO / CIE 8995-1 (Iluminação de ambientes de trabalho) define que as condições de iluminação em um ambiente de trabalho são essenciais

(83) 3322.3222

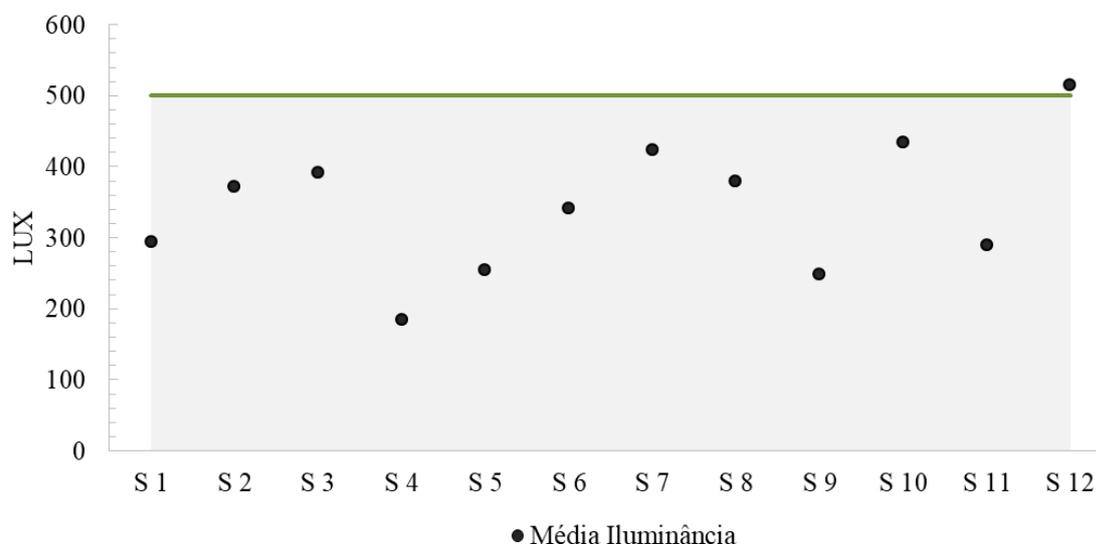
contato@conepetro.com.br

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

para que as atividades sejam realizadas de maneira fácil e confortável. Os sistemas de iluminação garantem a segurança visual, o desempenho visual (permitindo que os usuários executem as tarefas com mais rapidez e precisão) e o conforto visual oferecendo bem-estar aos usuários (ISO, 2013).

Entre os parâmetros quantitativos indicados pela Norma está a iluminância, que corresponde ao fluxo de luz incidente por área iluminada, sua unidade de medida é lux (ISO, 2013; MOREIRA, 1999). A norma ISO 8995-1 recomenda que para salas de aula educacionais, durante a jornada noturna, a iluminância mantida na superfície de referência seja equivalente a 500 lux, não devendo ser inferior a este valor (ISO, 2013).

A Figura 5 exibe o comportamento da iluminância média nas salas da EP-UFBA em comparação com o valor de iluminância esperada prevista em norma, equivalente 500 lux (ISO, 2013).



**FIGURA 5 - Média da iluminância nas salas de aula**

Fonte: autor, 2018.

Dentre as salas de aula verificadas, apenas uma apresenta iluminância de acordo com o previsto na NBR ISO / CIE 8995-1, correspondendo apenas a 8,3% do total de salas analisadas. É possível perceber que comportamento da iluminância é particular para sala verificada, havendo médias de iluminância entre 185 515 lux. Isso se deve a distribuição das luminárias ao longo do espaço físico, que quando posicionadas diante de anteparos (como paredes e pilares) parte do fluxo luminoso é absorvido pela superfície do material, de modo que iluminância oriunda do ponto luminoso difere da iluminância presente no espaço (MOREIRA, 1999).

## Conclusões

Condições adequadas de conforto lumínico são fundamentais para o desempenho das atividades numa instituição de ensino superior. A substituição de lâmpadas modelo T8 tipo fluorescentes por lâmpadas T8 tipo LED (*retrofits*) nas salas de aula da EP-UFBA, além de permitirem melhores condições de conforto, podem também garantir a redução de despesas associadas a eletricidade na unidade, já que as lâmpadas LED são mais eficientes e possuem vida útil maior, ocasionando inclusive menor frequência de substituição e, conseqüentemente, redução de despesas com manutenção. Além disso, a extensão do sistema fotovoltaico instalado contempla um melhor aproveitamento do espaço físico na cobertura, da energia solar (abundante na região) e dos equipamentos já instalados, podendo levar a significativas reduções nas despesas em energia elétrica. A ampliação do sistema fotovoltaico da EP-UFBA além de gerar redução de custos energéticos pode servir como referência para o desenvolvimento de projetos em outras construções universitárias.

A eficiência energética é o pontapé inicial rumo à redução do consumo energético em uma construção, devendo preceder ações em geração elétrica de fonte renovável (micro e mini geração). Os sistemas fotovoltaicos também são oportunos para construções universitárias, tendo em vista que de maneira geral apresentam largas áreas de cobertura propícias para instalação do sistema.

É possível concluir que a implementação de projetos em eficiência energética e de sistemas de geração própria de energia são oportunos para as Universidades Federais, pois 1. Promovem redução de custos em energia elétrica do orçamento institucional; 2. Demonstram o desenvolvimento científico e tecnológico nacional nos centros universitários. Devido ao fato de as construções universitárias estarem em grande quantidade em todo país, a implementação dessas ações podem contribuir para a redução do consumo energético nacional e diversificação da matriz elétrica brasileira.

## Referências

ALLAB, Y.; PELLEGRINO, M.; GUO, X.; NEFZAOU, E.; KINDINIS, A. Energy and comfort assessment in educational building: Case study in a French university campus. **Energy and Buildings**, v. 143, p. 202-219, 2017.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Chamada 001/2016**: eficiência energética e minigeração em instituições públicas de educação superior. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 02 de março de 2018.

Escola Politécnica. **Estrutura**.  
<<http://www.eng.ufba.br/laboratorios?page=2>>.  
Acesso em: 02 fevereiro 2018.

Disponível em:

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

GOLDEMBERG, J. **Pesquisa e desenvolvimento na área de energia**. São Paulo em perspectiva, v. 14, n. 3, p. 91-97, 2000.

HAASE, M.; AMATO, A. Sustainable façade design for zero energy buildings in the tropics. In: **Proceedings of The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture**, Geneva, Switzerland, 2006.

HARRIS, J. P.; BROWN, M.; DEAKIN, J.; JUROVICS, S.; KHAN, A.; WISNIEWSKI, E.; THOMAS, A. Energy-Efficient Purchasing by State and Local Government: Triggering a Landslide down the Slippery Slope to Market Transformation, 2004.

ISO, N. 50002: 2014. **Diagnósticos energéticos - Requisitos com orientação para uso** (2014), ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

ISO, N. 8995-1. **Iluminação de ambientes de trabalho** (2013), ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

JAMALUDIN, A. A.; MAHMOOD, N. Z.; ILHAM, Z. Performance of electricity usage at residential college buildings in the University of Malaya campus. **Energy for Sustainable Development**, v. 40, p. 85-102, 2017.

LOPES, D. M. C. **Avaliação operacional do sistema fotovoltaico da Escola Politécnica da UFBA**. Salvador: UFBA, 2008.

MAIORANO, John; SAVAN, Beth. Barriers to energy efficiency and the uptake of green revolving funds in Canadian universities. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 16, n. 2, p. 200-216, 2015.

MEC, Ministério da Educação. **Universidades Federais**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.

MME, Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**: relatório final 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: 06 de julho de 2018.

MMEa, Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**: relatório síntese 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf)>. Acesso em: 06 de julho de 2018.

MOREIRA, V. A. **Iluminação Elétrica**. Edgar Blucher, v.1, 1999.

SANTOS, Talía Simões et al. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. Eng Sanit Ambient, v. 20, n. 4, p. 595-602, 2015.

SBCI, U. N. E. P. Buildings and climate change: Summary for decision makers. **United Nations Environmental Programme, Sustainable Buildings and Climate Initiative**, Paris, p. 1-62, 2009.