

Ernane Rosa Martins
(Organizador)



Desenvolvimento tecnológico,
CIÊNCIA E INOVAÇÃO



Atena
Editora
Ano 2022

Ernane Rosa Martins
(Organizador)



Desenvolvimento tecnológico,
CIÊNCIA E INOVAÇÃO



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Desenvolvimento tecnológico, ciência e inovação

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Ernane Rosa Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento tecnológico, ciência e inovação /
Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0307-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.074220607>

1. Tecnologia. 2. Ciência. 3. Inovação. I. Martins,
Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 601

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO





Este livro, se propõe a permitir que seus leitores venham a conhecer melhor o panorama atual do desenvolvimento tecnológico, da ciência e da inovação. Apresentando estudos relevantes que são aplicados em diversas áreas do conhecimento, proporcionando a resolução de diferentes problemas da sociedade. As empresas enxergam atualmente a necessidade de profissionais cada vez mais qualificados, a fim de que possam trazer ainda mais inovação, desenvolvimento e eficiência.

Sendo assim, este livro aborda diversos assuntos importantes para profissionais e estudantes, tais como: definir uma metodologia de dimensionamento de sistemas de iluminação com alimentação por sistemas fotovoltaicos (on-grid e off-grid) dedicados, com foco em instalações residenciais; investigar as expectativas profissionais de alunos em fase de conclusão de cursos de graduação da UEPA; análise do estado da arte da evolução do estudo sobre a gestão de P&D à luz do novo gerencialismo e do princípio da eficiência administrativa aplicáveis às instituições de pesquisa apoiadas e fomentadas por recursos públicos; e a compilação das informações pertinentes ao desenvolvimento de um método analítico de baixo custo, portátil e de alta sensibilidade.

Sendo assim, os trabalhos apresentados nesta obra, permitem aos leitores analisar e discutir os relevantes assuntos abordados, tendo grande importância por constituir-se numa coletânea de trabalhos, experimentos e vivências de seus autores. Espera-se que esta venha a ajudar tanto aos alunos quanto aos profissionais, a enfrentarem os mais diferentes desafios da atualidade. Por fim, agradeço a cada autor, pela excelente contribuição na construção deste livro, e desejo a todos os leitores, uma excelente leitura, repleta de boas, novas e significativas reflexões sobre os temas abordados, e que estas possam contribuir fortemente no aprendizado.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO COM ALIMENTAÇÃO POR SISTEMA FOTOVOLTAICO DEDICADO Henry Yuzo Sasaki Aoyague Eduardo Verri Liberado  https://doi.org/10.22533/at.ed.0742206071	
CAPÍTULO 2	13
EXPECTATIVAS PROFISSIONAIS ENTRE FORMANDOS DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ (UEPA) Ivanete Modesto do Amaral  https://doi.org/10.22533/at.ed.0742206072	
CAPÍTULO 3	25
GESTÃO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D): PROPOSIÇÃO DE UM QUADRO TEÓRICO DE ANÁLISE Leone Coelho Bagagi  https://doi.org/10.22533/at.ed.0742206073	
CAPÍTULO 4	43
RESÍDUOS DE PESTICIDAS EM ALIMENTOS: CONTEXTUALIZAÇÃO E AS APLICAÇÕES DE TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS Gabriela Brandalise da Luz Suellen Aparecida Alves  https://doi.org/10.22533/at.ed.0742206074	
SOBRE O ORGANIZADOR	57
ÍNDICE REMISSIVO	58

CAPÍTULO 1

DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO COM ALIMENTAÇÃO POR SISTEMA FOTOVOLTAICO DEDICADO

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 07/06/2022

Henry Yuzo Sasaki Aoyague

UNESP, Curso de Engenharia de Energia
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0303486815171717>

Eduardo Verri Liberado

UNESP, Departamento de Engenharia de
Controle e Automação
Sorocaba – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9872806587914448>

RESUMO: Nos últimos anos, a questão energética tem ganhado cada vez mais evidência, não apenas no Brasil, mas também no mundo inteiro. Por conta disso, várias organizações e indivíduos têm procurado reduzir os seus custos com energia elétrica, aprimorando a eficiência energética. Uma das principais medidas para melhorar a eficiência energética seria a troca de equipamentos antigos por tecnologias mais modernas e eficientes, como por exemplo a troca de lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED, outra medida seria a autogeração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos. Diante disso, o objetivo deste projeto foi definir uma metodologia de dimensionamento de sistemas de iluminação com alimentação por sistemas fotovoltaicos (*on-grid* e *off-grid*) dedicados, com foco em instalações residenciais. A metodologia proposta foi desenvolvida por meio de uma revisão

bibliográfica e planilhas eletrônicas. Dessa forma, correlacionou-se o Método dos Lúmens com metodologias de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos isolados e sistemas conectados à rede elétrica. O seu êxito foi comprovado por meio de simulações com o uso do software RETScreen. Além disso, também foi feito uma análise de custos, sobre os sistemas dimensionados, o que provou a viabilidade econômica dos sistemas dimensionados.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética; energia solar fotovoltaica; sistemas de iluminação.

DEFINITION OF METHODOLOGY FOR SIZING LIGHTING SYSTEMS WITH DEDICATED PHOTOVOLTAIC POWER SUPPLY

ABSTRACT: In recent years, the energy issue has gained more and more evidence, not only in Brazil, but also worldwide. Because of this, various organizations and individuals have sought to reduce their electricity costs by improving energy efficiency. One of the main measures to improve energy efficiency would be the exchange of old equipment for more modern and efficient technologies, such as the exchange of incandescent and fluorescent lamps for LED lamps, another measure would be the self-generation of electricity through photovoltaic systems. Therefore, the objective of this project was to define a methodology for dimensioning illumination systems powered by photovoltaic systems (*on-grid* and *off-grid*) dedicated, focusing on residential installations. The proposed methodology was developed through a

literature review and electronic spreadsheets. Thus, the Lumens Method was correlated with photovoltaic offgrid and ongrid system design methodologies. Its success has been proven through simulations using the software RETScreen. In addition, a cost analysis was also carried out on the dimensioned systems, which proved their economic feasibility.

KEYWORDS: Energy efficiency; photovoltaic solar energy; illumination systems.

1 | INTRODUÇÃO

Uma das principais medidas para contribuir com a melhoria da eficiência energética em sistemas de iluminação, considerando os últimos 20 anos, tem sido a substituição de lâmpadas com tecnologias menos eficientes por lâmpadas que ofereçam características luminotécnicas similares, porém com menor consumo de energia (MME; EPE, 2019; PHILIPS, 2014).

Dessa forma, a lâmpada incandescente comum, cujo rendimento é de cerca de 10-15 lm/W com uma vida útil de 750-1000 h, foi gradativamente substituída pela lâmpada fluorescente (a qual tem um rendimento entre 64 e 75 lm/W e vida útil acima de 5000 h (OSRAM, 2000)), sobretudo com a proibição no Brasil da produção e importação de lâmpadas incandescentes comuns com potências de 150 e 200 W (MF/MDIC/MCT, 2010).

Além disso, as lâmpadas de LED (do inglês *light emitting diode*, diodo emissor de luz), cujo rendimento varia entre 80 e 135 lm/W para as do tipo bulbo e 90 a 150 lm/W para as tubulares e a vida útil é de cerca de 25000 h (PROCEL, 2020), tem se tornado recentemente uma alternativa viável dos pontos de vista técnico e econômico para substituir tanto as lâmpadas incandescentes como as fluorescentes.

Por outro lado, a geração de energia elétrica nas próprias unidades consumidoras também é vista como uma medida para a melhoria da eficiência energética, uma vez que a energia gerada pode ser consumida localmente, reduzindo o consumo de energia vinda da rede elétrica. Nesse sentido, a geração de energia elétrica para atendimento de unidades consumidoras é prevista nos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em seu Módulo 6 (ANEEL, 2018), o qual estabelece diretrizes para a inclusão de geração de energia a partir fontes incentivadas em projetos de eficiência energética. Tais fontes incentivadas de energia elétrica foram definidas pela Resolução Normativa número 482/2012 da ANEEL (ANEEL, 2012), e incluem a energia solar fotovoltaica, uma das fontes que se destaca pelas altas taxas de crescimento em instalação e utilização nos últimos anos.

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2020 (EPE, 2020), a energia solar fotovoltaica participou com 74,5% da geração de energia elétrica em 2019 nas categorias micro e minigeração distribuída, nas quais a central geradora tem, respectivamente, capacidade instalada de até 75 kW e entre 75 kW e 5 MW (ANEEL, 2015). Além disso, o aumento na capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos em micro e minigeração distribuída foi de 254,3 % entre 2018 e 2019 (EPE, 2020). No entanto, a participação da

energia solar fotovoltaica na oferta de energia elétrica no Brasil era de apenas 1,0 % em 2019 (EPE, 2020).

Com base nestes dados, e considerando ainda que o potencial para aproveitamento da energia solar é bastante significativo no território brasileiro (INPE, 2017), verifica-se um cenário bastante favorável ao desenvolvimento de aplicações que contribuam com a expansão do aproveitamento da energia solar.

Diante deste cenário, soluções que associem sistemas de iluminação com alta eficiência energética - tais como as lâmpadas LED - à geração de energia por fontes alternativas - como os sistemas fotovoltaicos - tornam-se bastante interessantes tanto para a expansão da utilização da energia solar como para a melhoria da eficiência energética, uma vez que o baixo consumo de energia elétrica das lâmpadas pode resultar numa redução da capacidade instalada a ser considerada no dimensionamento do sistema fotovoltaico, e conseqüentemente obtém-se uma redução nos custos de instalação e manutenção do projeto. Tais soluções têm sido propostas em projetos de eficiência energética submetidos às chamadas organizadas por concessionárias de energia elétrica com base no Programa de Eficiência Energética da ANEEL (<https://aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>), e estudos têm sido conduzidos para a aplicação de sistemas fotovoltaicos dedicados à alimentação de sistemas de iluminação e equipamentos eletrônicos (SAMPAIO *et al.*, 2016; BOQUIMPANI *et al.*, 2019).

Nesse sentido, visando contribuir com a expansão da utilização das fontes alternativas de energia, especialmente a energia solar fotovoltaica, e para o uso eficiente da energia elétrica, neste projeto propõe-se a definição de uma metodologia de dimensionamento de sistemas de iluminação com alimentação por sistemas fotovoltaicos dedicados, com foco em instalações residenciais. Destaca-se que tal proposta se insere no conjunto de áreas prioritárias definidas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, nos setores Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Energias Renováveis. Destaca-se também que a metodologia proposta será avaliada sob o ponto de vista técnico e com relação à viabilidade econômica dos sistemas dimensionados.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do projeto, primeiramente, foi feita uma revisão bibliográfica das tecnologias relacionadas aos sistemas de iluminação, especialmente as lâmpadas LED (PINTO, 2008), das grandezas relacionadas ao potencial para utilização da energia solar (INPE, 2017), das tecnologias dos sistemas fotovoltaicos (módulos fotovoltaicos, baterias, conversores eletrônicos, sistemas de controle e proteção) (ABNT, 2019), e das principais metodologias de dimensionamento de sistemas de iluminação (FILHO, 2017) e de sistemas fotovoltaicos (PINHO; GALDINO, 2014; VILLALVA, 2015).

Dessa forma, foi realizada uma análise teórica das metodologias de dimensionamento adotadas a fim de correlacioná-las para definir uma metodologia de dimensionamento conjunto dos sistemas de iluminação e fotovoltaico.

Como resultado, acabou-se por adotar o Método dos Lúmens (FILHO, 2017) adaptado para valores de iluminância recomendados para ambientes residenciais e para os tipos de lâmpadas LED disponíveis atualmente (PROCEL, 2020). A partir do número total de lâmpadas resultante do projeto luminotécnico e da respectiva potência elétrica nominal, e considerando os hábitos de uso de equipamentos de iluminação (PROCEL, 2019) e o recurso solar disponível, tem-se os dados iniciais para dimensionar o sistema fotovoltaico. Neste ponto foram analisadas as características do sistema fotovoltaico a ser adotado (ABNT, 2008):

- No caso de um sistema isolado, é possível conectar as lâmpadas LED ao sistema fotovoltaico diretamente em corrente contínua (CC) (BOQUIMPANI *et al.*, 2019) ou em corrente alternada (CA) através de um inversor. Neste caso faz-se necessário o uso de bancos de bateria, e possivelmente um sistema de conexão com a rede elétrica em caso de falta do sistema fotovoltaico.
- Sendo um sistema fotovoltaico conectado à rede, o Sistema de Compensação de Energia adotado no país (ANEEL, 2012; 2015; GOVERNO FEDERAL, 2022) garante o fornecimento de energia ao sistema de iluminação quando o sistema fotovoltaico não estiver gerando energia elétrica. Além disso, dependendo da potência nominal resultante do dimensionamento do sistema de iluminação, pode ser interessante adotar tecnologias compactas de sistemas fotovoltaicos, tais como os módulos com microinversores incorporados.

Em seguida, foram feitas simulações computacionais de cenários de aplicação da metodologia proposta. Estes cenários foram definidos com base na Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PROCEL, 2019). Para a implementação dos cenários e da metodologia de dimensionamento foi feito o uso de planilhas eletrônicas e o *software RETScreen Expert*, o qual contém banco de dados de recurso solar e de componentes de sistemas fotovoltaicos.

Por fim, analisou-se os resultados obtidos das simulações dos cenários de aplicação da metodologia proposta sob o ponto de vista financeiro, considerando uma razão de autoconsumo de 100% para os sistemas fotovoltaicos isolados (*off-grid*) e de 30% para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (*on-grid*), e também as estimativas de custos de instalação e manutenção dos sistemas dimensionados, assim como indicadores de viabilidade econômica, tais como o retorno do investimento inicial (do inglês, *payback*) (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A Figura 1 apresenta as etapas da metodologia definida com base nos estudos descritos anteriormente para dimensionar o sistema de iluminação e o sistema fotovoltaico dedicado.

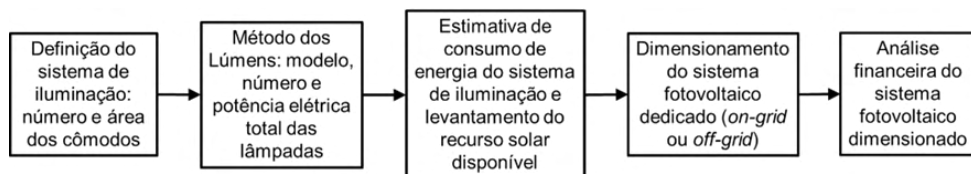


Figura 1 - Diagrama de blocos da metodologia definida neste projeto.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

3 | RESULTADOS

Usando a Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PROCEL, 2019), primeiramente foi definido um modelo de casa o qual os cenários propostos poderiam utilizar como base. Esse modelo de casa “padrão” consiste em uma residência com: dois quartos; um banheiro; uma cozinha; uma sala de estar, jantar ou TV e uma área de serviço, totalizando um total de seis cômodos.

Em seguida, com o Método dos Lúmens (FILHO, 2017) adaptado para valores de iluminância recomendados para ambientes residenciais fez-se o projeto luminotécnico para determinar o número de lâmpadas em cada cômodo, considerando dois cenários: o primeiro consistindo em uma residência com apenas o uso de lâmpadas LED e o segundo cenário sendo uma residência com o uso de lâmpadas fluorescentes. A Tabela 1 apresenta as dimensões e iluminância média adotadas para cada cômodo da casa “padrão” e os resultados de aplicação do Método dos Lúmens para os dois cenários.

	dormitório 1	dormitório 2	banheiro	cozinha	área de serviço	sala de estar
Comprimento (m)	3,10	3,10	2,00	3,00	3,00	3,00
Largura (m)	2,65	2,90	2,00	2,65	1,60	3,25
Iluminância média (lux)	150	150	150	150	200	150
somente lâmpadas LED						
Fluxo da lâmpada (lm)	1440	1440	810	2050	1440	1440
Fator de depreciação	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Potência da lâmpada (W)	12	12	6	18	12	12
Número de lâmpadas	1	1	1	1	1	2
Potência Total (W)	12	12	6	18	12	24
somente lâmpadas fluorescentes						
Fluxo da lâmpada (lm)	1620	1620	816	1514	1209	1284
Fator de depreciação	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Potência da lâmpada (W)	25	25	13	22	25	19
Número de lâmpadas	1	1	1	1	1	2
Potência Total (W)	25	25	13	22	25	38

Tabela 1 - Aplicação do Método dos Lúmens nos dois cenários definidos para a casa “padrão”.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

De acordo com a Tabela 1, em ambos os cenários a casa “padrão” utiliza um total

de sete lâmpadas, o que corresponde à média de 1,09 lâmpadas por cômodo da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PROCEL, 2019). Em seguida, determinou-se o tempo de uso de lâmpadas por dia (LabEEE, 2010), os dados estão apresentados abaixo na Tabela 2.

Cômodo	Tempo de uso
Quartos	4h
Banheiro	3h
Cozinha	3h
Sala de estar, jantar ou TV	4h
Área de serviço	3h

Tabela 2. Utilização das lâmpadas por dia.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em seguida, foi definido que no cenário com lâmpadas LED seria utilizado um sistema fotovoltaico *off-grid*, e no cenário com lâmpadas fluorescentes seria utilizado um sistema fotovoltaico *on-grid*. Esses dois cenários foram propostos para cinco cidades brasileiras de estados diferentes, localizados em regiões diferentes, de modo a avaliar diferentes situações de recurso solar disponível. As cidades escolhidas foram: Congonhas, São Paulo (SP); Passo Fundo, Rio Grande do Sul (RS); Campo Grande, Mato Grosso do Sul (MS); Salvador, Bahia (BA) e Manaus/Ponta Pelada, Amazonas (AM).

Diante disso, com o método de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos proposto em (VILLALVA, 2015), fez-se o dimensionamento do sistema fotovoltaico de cada caso. Os equipamentos utilizados no dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos podem ser vistos na Tabela 3.

Posteriormente, com auxílio do *software* RETScreen e de seu banco de dados de recurso solar dos locais selecionados, foram feitas simulações computacionais com o intuito de verificar a viabilidade dos sistemas dimensionados e da metodologia proposta neste trabalho. Os resultados das simulações em relação à geração de energia, dentre outras informações de cada caso podem ser conferidos na Tabela 4.

Sistemas <i>Off-grid</i>		
Estimativa de consumo das lâmpadas	Diário	0,3 kWh
	Mensal	9,13 kWh
	Anual	109,5 kWh
Bateria	Duas baterias de chumbo ácido 12V, ligadas em paralelo com capacidade de 25 Ah e 600 Wh cada e profundidade de descarga de 50%	
Módulo fotovoltaico	O número total de módulos fotovoltaicos utilizados em todos os casos foi igual a um, o modelo selecionado foi o Renogy RNG 100-D-55, um painel fotovoltaico monocristalino de 100W, eficiência de 18,6% e área do coletor solar de 0,509 m ²	
Inversor + controlador de carga	Modelo East EA-GF100 W/12-25 VCC/20 A/Eficiência de 98%/100-240 VAC Controlador de carga integrado ao inversor 25 V/10 A	
Sistemas <i>On-grid</i>		
Estimativa de consumo das lâmpadas	Diário	0,53 kWh
	Mensal	16,18 kWh
Módulo fotovoltaico	O número total de módulos fotovoltaicos utilizados em todos os casos foi igual a um, o modelo selecionado foi o Canadian C55A-160P, um painel fotovoltaico monocristalino de 160 W, eficiência de 14,22% e área do coletor solar de 1,278 m ²	
Inversor	Modelo NEP BDM 250 220 W/22-55 VCC/12 A/Eficiência de 95%/208-240 VAC	

Tabela 3. Equipamentos utilizados.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Localidades	SP	RS	MS	BA	AM
Latitude	23,62° S	28,25° S	20,47° S	13,02° S	3,15° S
Irradiação no plano inclinado igual à latitude - média anual	4,12 kWh/m ² .dia	4,87 kWh/m ² .dia	5,31 kWh/m ² .dia	5,29 kWh/m ² .dia	4,62 kWh/m ² .dia
Menor valor de irradiação no ângulo igual à latitude e mês	jun: 3,65 kWh/m ² .dia	jun: 3,55 kWh/m ² .dia	maio: 4,85 kWh/m ² .dia	jun: 3,86 kWh/m ² .dia	jan/fev: 4,21 kWh/m ² .dia
Sistemas <i>Off-grid</i>					
Estimativa de produção de energia por dia	0,306 kWh	0,313 kWh	0,428 kWh	0,341 kWh	0,371 kWh
Sistemas <i>On-grid</i>					
Estimativa de produção de energia por dia	0,664 kWh	0,644 kWh	0,883 kWh	0,702 kWh	0,828 kWh

Tabela 4. Dados de recurso solar obtidos no RETScreen e estimativa de produção de energia pelos sistemas fotovoltaicos.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na Figura 2 está representada graficamente a estimativa de energia consumida anualmente em comparação com a estimativa de energia gerada anualmente por ambos

os sistemas fotovoltaicos em cada cenário. Pode-se observar que a estimativa de geração de energia elétrica anual pelos sistemas dimensionados supera a estimativa de consumo de energia anual das lâmpadas em todos os casos.

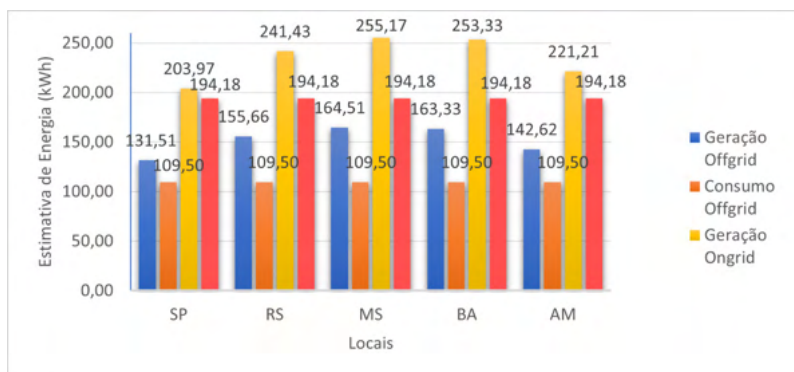


Figura 2. Estimativa de Energia consumida x Energia gerada.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Finalmente, a fim de verificar a viabilidade econômica dos sistemas propostos, fez-se uma análise das estimativas de custos de instalação e manutenção dos sistemas dimensionados, e uma estimativa dos custos da energia elétrica considerando o novo sistema de compensação de energia (GOVERNO FEDERAL, 2022).

Apartir destas duas estimativas foi calculado o fluxo de caixa acumulado considerando um período de 26 anos, que seria a média de vida útil de sistemas fotovoltaicos. As informações sobre custos e tarifas utilizadas nestas análises são apresentadas na Tabela 5. Os fluxos de caixa acumulado para todos os sistemas dimensionados são apresentados nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

vida útil do sistema fotovoltaico	26 anos
custo para o cliente	R\$ 6,17/Wp para sistemas com até 2 kWp de capacidade instalada (Greener, 2021)
custos anuais de operação e manutenção	1% do valor total do custo para o cliente
custo de reposição	30% do valor total do custo para o cliente (a cada 10 anos)
tarifa de energia no primeiro ano	R\$ 1,07/kWh (Light, 2021)
reajuste anual da tarifa de energia	4% em relação à tarifa de energia do primeiro ano
taxa de degradação do sistema fotovoltaico	2% no segundo ano e 0,8% nos anos seguintes
razão de autoconsumo	100% para sistemas offgrid e 30% para sistemas ongrid
percentual de créditos com a energia gerada	72% (aplicado sobre o valor da energia injetada na rede x tarifa de energia)

Tabela 5. Informações sobre custos e tarifas para a análise financeira dos sistemas fotovoltaicos dimensionados.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

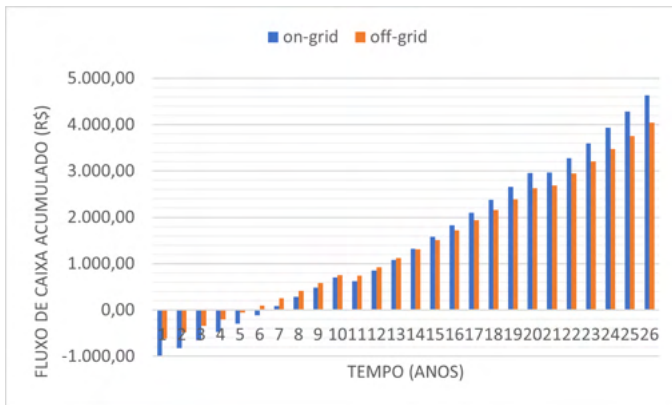


Figura 3. Fluxo de caixa acumulado - SP.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

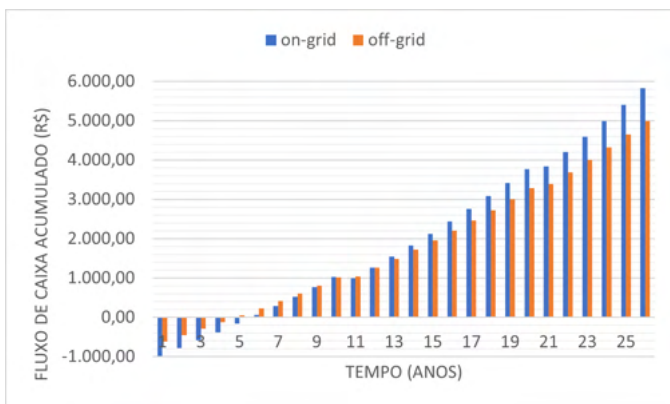


Figura 4. Fluxo de caixa acumulado - RS.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

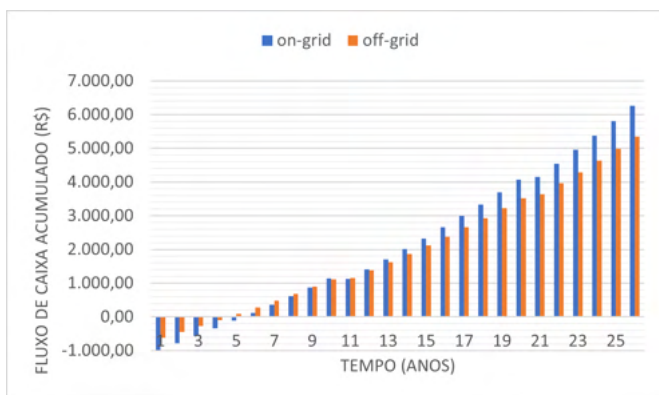


Figura 5. Fluxo de caixa acumulado - MS.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

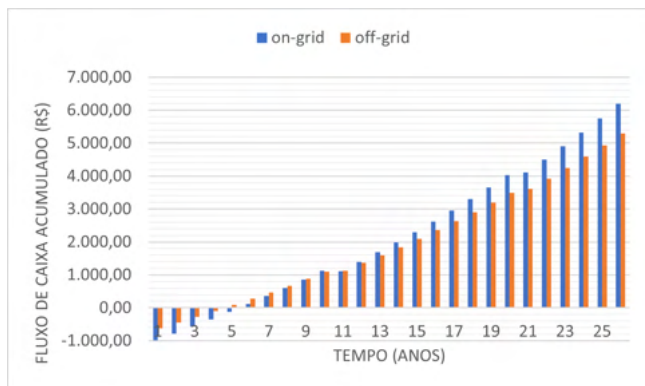


Figura 6. Fluxo de caixa acumulado - BA.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

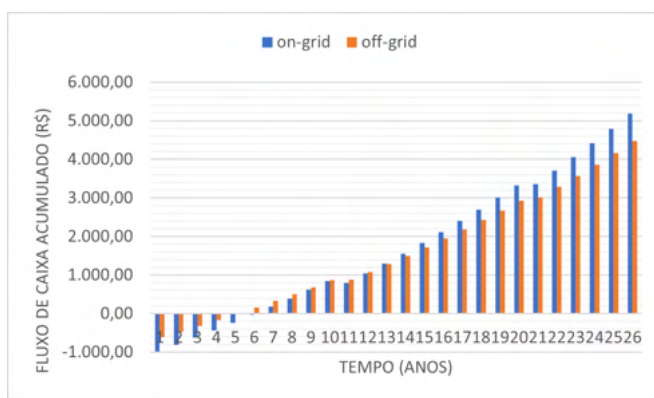


Figura 7. Fluxo de caixa acumulado - AM.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4 | DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As simulações computacionais geradas pelo RETScreen retornaram resultados positivos, indicando que os dimensionamentos realizados para os cenários propostos foram dimensionados de forma adequada, sendo capazes de suprir a demanda total anual em todos os casos. Entretanto, em alguns casos os sistemas *on-grid* não foram capazes de fornecer totalmente a energia necessária para o consumo mensal, tendo um déficit de 0,3 kWh até 1 kWh, isso ocorreu principalmente nos meses de maio e junho, período onde normalmente são registrados os menores valores de irradiação solar para todas as regiões do Brasil, exceto a região norte, no qual esse fenômeno se dá entre dezembro e fevereiro, porém essa ocorrência não é de muita significância por se tratar de um sistema conectado à rede, à qual fornece a energia em falta. Além disso, todos os sistemas registraram uma estimativa de geração diária superior ao consumo diário, conforme mostra a Tabela 2.

Os sistemas dimensionados também apresentaram uma boa viabilidade econômica,

sendo o custo para o cliente de R\$6,17/Wp (Greener, 2021). É importante ressaltar que o valor de custo adotado para o cliente é válido para sistemas fotovoltaicos com capacidade instalada de até 2 kWp, valor este muito maior que a capacidade instalada dos sistemas dimensionados. Dessa forma, é possível incluir o custo de aquisição das lâmpadas especificadas em cada cenário no valor adotado de custo para o cliente.

Assim, a estimativa de investimento de ambos os sistemas *off-grid* e *on-grid* seriam em torno de R\$617,00 e R\$987,00, respectivamente. Estes valores são acessíveis para muitos brasileiros, sendo comparáveis aos preços de um aparelho celular ou de um eletrodoméstico, e de acordo com os fluxos de caixa acumulado mostrados nas Figuras 3-7, o *payback* pode ser estimado em cerca de 5-6 anos em todos os casos analisados. Além disso, o investimento geraria uma economia na conta de energia de até R\$6.259,55 no melhor dos casos e de R\$4.041,79 no pior dos casos ao final de em um período de 26 anos, conforme mostram as Figuras 3-7.

Outro benefício seria a diminuição na pegada ecológica, devido aos sistemas fotovoltaicos serem uma fonte de energia renovável com baixo impacto ambiental, diferentemente das várias usinas hidrelétricas em operação pelo país, que causam um enorme impacto ambiental e social para sua instalação.

Portanto, de acordo com os resultados adquiridos pelas simulações computacionais geradas pelo RETScreen e pela análise econômica, a utilização do Método dos Lúmens atrelado ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos de (VILLALVA, 2015) se comprovou eficaz como uma nova metodologia para o dimensionamento de sistemas de iluminação com alimentação por sistema fotovoltaico dedicado.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 11704- Sistemas fotovoltaicos - Classificação**, 2008.

ABNT. **NBR 16690 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos**, 2019.

ANEEL. **Resolução Normativa Número 482**, 2012.

ANEEL. **Resolução Normativa Número 687**, 2015.

ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - Módulo 6: Projetos com Fontes Incentivadas**, 2018.

BOQUIMPANI, C. L. *et al.* **Eficiência energética: sistemas de iluminação com LEDs, distribuídos em corrente contínua e utilizando energia fotovoltaica**. pt. Ambiente Construído, scielo, v. 19, p. 303–316, dez. 2019. ISSN 1678-8621. DOI: 10.1590/s1678-86212019000400357.

EPE. **Balço Energético Nacional 2020: Ano base 2019**, 2020.

FILHO, J. Mamede. **Instalações Elétricas Industriais**. Edição: LTC. 9. ed., 2017.

GOVERNO FEDERAL, **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm>. Acesso em 25/01/2022.

GREENER, **Estudo Estratégico Geração Distribuída – Mercado Fotovoltaico**, 2021.

INPE. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos, 2017. ISBN 978-85-17- 00089-8.

LabEEE – UFSC, **Casa eficiente: consumo e geração de energia**, v. 2, 1 ed., Florianópolis, 2010.

Light, **Composição da Tarifa**, 2021. Disponível em <<http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/composicao-da-tarifa.aspx>>. Acesso em agosto/2021.

MF/MDIC/MCT. **Portaria Interministerial MF/MDIC/MCT Número 1007**, 2010.

MME; EPE. **Atlas da Eficiência Energética - Relatório de Indicadores**, 2019.

OLIVEIRA, I. C. *et al.* **Analysis of economic return of the installation of photovoltaic panels at the campus of the Federal University of Itajubá**. In: PROC. of Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), 2018. p. 1–6. DOI: 10.1109/SBSE.2018.8395702.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**, 2000.

PHILIPS. **Tabela de substituição**. Edição: Philips, 2014. Disponível em: <www.philips.com.br/lighting>. Acesso em 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Edição: CEPEL-CRESESB. 2. ed., 2014.

PINTO, Rafael Adaime. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDS)**. 2008. Diss. (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

PROCEL. **Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial**, 2019.

PROCEL. **Selo Procel - Lâmpadas LED**, 2020.

SAMPAIO, F. C. *et al.* **Sistema para iluminação e alimentação de equipamentos em corrente contínua utilizando energia solar fotovoltaica**. Revista Encontros Universitários da UFC, v. 1, n. 1, 2016.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações**. 2. ed., 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ambiente 11, 31, 33, 34, 36, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 54, 55

C

Contaminação 44, 45, 51, 53

D

Detecção 44, 45, 51, 52, 53, 54

Diuron 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

E

Eficiência 1, 2, 3, 11, 12, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 51

Eletroanalítica 51, 54

Eletrônicos 3

Empregabilidade 14, 16, 21

Energia 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12

Evolução 25, 26, 30, 35, 36

F

Fluorescente 2

Formandos 13, 14, 17, 20, 22, 23

Fotovoltaica 1, 2, 3, 11, 12

G

Gerencialismo 25, 26, 28, 29, 35, 36, 37, 38, 40

Gestão 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 57

I

Iluminação 1, 2, 3, 4, 11, 12

Incandescente 2

Inovação 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 57

Inserção 13, 16, 22, 23, 53

L

Lúmens 1, 4, 5, 11

M

Método 1, 4, 5, 6, 11, 17, 24, 43, 45, 48, 52, 53

P

Pesquisa 4, 5, 6, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 48

Pesticidas 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 54, 55

Q

Qualificação 13, 14, 21, 23, 37

R

Recursos 20, 22, 25, 26, 27, 30, 32, 33, 34, 36, 37

Revisão 1, 3, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 36, 37, 55


S





Segurança 30, 43, 44, 45, 54

T

Teoria 24, 33, 37

Trabalho 6, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 32, 35, 37, 54



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Desenvolvimento tecnológico,
CIÊNCIA E INOVAÇÃO



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Desenvolvimento tecnológico, **CIÊNCIA E INOVAÇÃO**