

Análise da Inserção de Medidas de Eficiência Energética em Universidade Pública

Luiz José de Bessa Neto
Eng. Elétrica – Centro de Engenharias
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
Mossoró, Brasil
luizjbessa@outlook.com

Fabiana K. de O. Martins Varella
Departamento de Engenharia e Tecnologia – DET
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
Mossoró, Brasil
fkv@ufersa.edu.br

Resumo — O presente trabalho tem por objetivo analisar os impactos relacionados à inserção de medidas de Eficiência Energética (EE) em Universidade Pública, realizando um estudo de caso na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Ademais, pretende-se identificar e analisar os benefícios qualitativos e quantitativos que tais medidas têm proporcionado à instituição. Para tal, realizou-se uma abordagem histórica, em ordem cronológica, acerca das iniciativas voltadas à EE que foram implementadas pela UFERSA nos últimos anos. Assim, foram identificadas as ações incorporadas pela Universidade através da instalação de Usinas Solares Fotovoltaicas (UFV's); elaboração do Programa de Eficiência Energética; troca de lâmpadas convencionais pela tecnologia de LED; e ações com enfoque na sustentabilidade ambiental. Fundamentado nas estimativas de geração de energia das UFV's existentes na UFERSA, constatou-se que as mesmas, desde a sua entrada em operação até o vigente ano, foram responsáveis pela geração de um valor considerável, fornecendo uma economia monetária bastante expressiva. Em relação à medida de substituição de lâmpadas convencionais do tipo fluorescente por lâmpadas do tipo LED nos prédios da UFERSA, verificou-se que nos últimos três anos, houve uma redução de algo em torno de 35% da carga instalada referente à iluminação da Universidade, também proporcionando uma economia monetária relevante.

Palavras-chave — *Eficiência energética, Lâmpadas LED, Geração distribuída, Usinas solares fotovoltaicas.*

I. INTRODUÇÃO

A eficiência energética passou a ser preocupação mundial a partir da primeira crise do petróleo, na década de 1970. Nesse sentido, os países industrializados organizaram-se e investimentos foram direcionados para implementação de políticas públicas de eficiência energética e incentivos as fontes renováveis de energia, cujo objetivo principal era minimizar a dependência em relação ao petróleo e seus derivados, bem como incentivar a sociedade pelo uso consciente e sustentável da energia elétrica [1].

Dessa maneira, diante das constantes crises energéticas no setor do petróleo, bem como da implementação de importantes acordos ambientais, a eficiência energética foi demasiadamente elevada à condição de instrumento privilegiado no que diz respeito ao atendimento da demanda energética de forma econômica e sustentável [2-3].

Nessa conjuntura, foram desenvolvidos inúmeros mecanismos para promoção da eficiência energética no país, que englobam uma ampla diversidade de setores e beneficiam os diferentes segmentos da sociedade, dentre os

quais pode-se mencionar o Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL [3].

Logo, para o cumprimento das obrigatoriedades exigidas pelo PEE, as distribuidoras de energia devem apresentar à ANEEL, por intermédio de arquivos eletrônicos, projetos de Eficiência Energética e Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, observadas as diretrizes estabelecidas para a sua elaboração, descritas no Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética (MPPE), confeccionado pela ANEEL e regulamentado pela Resolução Normativa nº 556/2013 [3-4].

De acordo com [4], no decorrer dos primeiros ciclos do vigente programa, os investimentos em minimização de perdas técnicas nas redes de distribuição, na utilização de lâmpadas LED para iluminação pública e em diagnósticos energéticos de instalações industriais, comerciais e de serviços foram os mais expressivos. Segundo [4-5], atualmente mais de 1.500 projetos encontram-se registrados no PEE, os quais poderão proporcionar uma economia de 3.900 GWh/ano e uma demanda retirada de ponta de 1.256 MW.

Por outro lado, além das medidas acima mencionadas, é oportuno destacar, que a REN nº 482/2012 da ANEEL acerca da Geração Distribuída (GD) no Brasil, constituiu-se como um dos marcos regulatórios mais importantes no setor de energias renováveis e de eficiência energética [6]. Além de definir os limites de potência para o enquadramento como GD, a vigente resolução também estabeleceu o sistema de compensação de energia elétrica com base em créditos de energia, conhecido como *net-metering*.

Todavia, após a entrada em vigor da REN 482, houve então no ano de 2015 uma atualização desta normativa, a REN 687 [6] com intuito de realizar alguns ajustes que se fizeram necessários. Logo, a vigente resolução oportuniza a conexão de geradores de até 5 MW na rede de distribuição, a partir de fontes renováveis de energia ou cogeração qualificada [7].

Por todo o exposto, torna-se imprescindível a participação de entidades públicas, sobretudo as universidades federais e estaduais, no tocante ao processo de implementação de medidas voltadas à eficiência energética e redução de desperdício da energia elétrica no âmbito institucional.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os impactos da inserção de medidas de eficiência energética em uma universidade pública, realizando um estudo de caso na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Entende-se por eficiência energética o conjunto de práticas e políticas que reduza os custos com a energia elétrica e/ou aumente a quantidade oferecida da mesma sem alteração da geração [3]. De outra parte, outro conceito diz que é uma atividade que almeja otimizar o uso das fontes de energia, usando-as de maneira eficiente para se obter um resultado específico. Em síntese, a eficiência energética constitui-se da relação entre a parcela de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização [4-5].

Sendo assim, a presente seção abordará as principais ações voltadas à eficiência energética no Brasil que estão intrinsecamente relacionadas com o escopo deste trabalho e que foram implementadas pela Universidade em estudo nos últimos anos.

A. Ações brasileiras voltadas à eficiência energética

Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL

O PEE constitui-se como um instrumento do Plano Nacional de Eficiência Energética, pelo qual almeja atingir a meta de redução de 106,6 TWh até o ano de 2030 [4]. Para tal, faz-se imprescindível ultrapassar as barreiras regulatórias e destinar recursos de forma eficaz, atendendo com equidade todas as classes de consumo [5].

Nesse sentido, o guia designado como Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPPE) elaborado pela ANEEL, tem por objetivo elucidar as distribuidoras quanto aos métodos padrões para elaboração e execução de projetos de Eficiência Energética, transferindo as diretrizes fundamentais para a gestão do programa; seleção, implantação e cálculo de viabilidade dos projetos; medição e verificação de resultados, bem como a avaliação do programa; medidas de controle e fiscalização [4-5].

Resolução Normativa (REN) n° 482/2012 da ANEEL

Conforme supracitado, um dos marcos regulatórios mais relevantes no setor de energias renováveis e de eficiência energética no Brasil, diz respeito ao instrumento que viabilizou a conexão de pequenos e médios geradores ao sistema de distribuição, ou seja, a Resolução Normativa (REN) n° 482/2012 da ANEEL, que instituiu o modelo de *net-metering* (Sistema de Compensação de Energia) no cenário nacional. Este regulamento originou as figuras do Micro e do Minigerador Distribuído (MMGD) [6-7].

Tal resolução outorgou a entrada de geradores de até 100 kW de potência instalada denominados então como “microgeradores distribuídos” e maiores de 100 kW até 1 MW de potência instalada intitulados “minigeradores distribuídos” [7].

Resolução Normativa (REN) n° 687/2015 da ANEEL

Em 2015, com a atualização da REN n° 482/2012 para a REN n° 687 da ANEEL, o regulamento da GD foi otimizado, de modo a tornar o processo de conexão mais célere e expandir o acesso para um número maior de unidades consumidoras [7-8].

Desse modo, essa atualização oportunizou ao contexto da GD diversas mudanças significativas para o setor, como o enquadramento de micro e minigeração distribuída, sendo a primeira agora reduzida dos 100 kW da REN 482 para uma potência instalada menor ou igual a 75 kW, e a segunda denominada minigeração distribuída superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas e ou menor ou igual a 5 MW para fontes de energias renováveis, dentre elas a tecnologia solar fotovoltaica e eólica [8-9].

Nessa conjuntura, de acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE 2050) [10], levando-se em consideração a revisão do mecanismo de compensação para MMGD no início de 2020, com aplicação de tarifa binômica para novos micro e minigeradores, bem como a perspectiva de redução dos custos das tecnologias, a GD alcançaria uma potência instalada entre 28 GW a 50 GW em 2050, o que representaria um valor entre 4% a 6% da carga total.

Dessa maneira, ainda segundo [11], o perfil das tecnologias de geração seguiria concentrado na solar FV, denotando pouco mais de 85% da capacidade instalada, por devido à sua modularidade, custo decrescente e difusão na sociedade.

Incentivo a Iluminação de LED em Prédios Públicos no Brasil

De acordo com [12-13], a iluminação em prédios públicos no Brasil, somente no ano de 2018 foi responsável por cerca de 7% de toda a energia elétrica gerada consumida pelo poder público, o que corresponde a cerca de 44,58 TWh, sendo majoritariamente utilizada para manutenção das edificações públicas, englobando universidades, escolas de educação básica, prefeituras, hospitais, etc.

Nesse cenário, os programas do governo federal, tais como o PROCEL EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos) e o PROCEL Edifica, vêm contribuindo significativamente para mitigar os desperdícios relacionados à energia elétrica e aplicar os conceitos da eficiência energética no âmbito destas instituições. Exemplo disso, têm sido os incentivos direcionados a substituição de lâmpadas convencionais (incandescentes e fluorescentes) pela tecnologia LED (*Light-Emitting Diode*), ou simplesmente, Diodo Emissor de Luz.

É oportuno salientar, que as lâmpadas do tipo LED se destacam em virtude da sua eficiência luminosa e durabilidade. Segundo [14], as lâmpadas LED são até 80% mais econômicas que as lâmpadas incandescentes tradicionais de mesma potência. Aliado à isso, a sua durabilidade é equivalente à 15 lâmpadas incandescentes, proporcionando ao consumidor uma economia considerável tanto com a troca das lâmpadas quanto com a manutenção.

Ademais, [15] enfatiza que o LED é confeccionado a partir de materiais atóxicos ao meio ambiente, tornando-se possível ser descartado sem a imprescindibilidade de uma destinação e disposição final especiais. Dessa forma, as lâmpadas LED oferecem vantagens absolutas de desempenho quando comparada às demais tecnologias de iluminação. Dentre os principais benefícios, encontram-se: eficiência energética, economia de custos, controlabilidade, segurança e elevado tempo de vida útil.

Logo, a substituição das lâmpadas convencionais (tratando-se especificamente da UFERSA fluorescentes tubulares), pelos modelos de LED nos prédios públicos, configura-se como uma maneira prática e eficiente de minimizar o montante da fatura de energia elétrica, sobretudo no verão, quando o valor da tarifa por kWh consumido torna-se mais acentuado em virtude da aplicação da bandeira vermelha.

B. Participação e relevância das universidades públicas na implementação de medidas de eficiência energética

De acordo com o Acórdão 1.752/2011 do Tribunal de Contas da União, pelo qual concerne à avaliação das ações adotadas pela administração pública federal acerca do uso racional e sustentável de recursos naturais, ressalta que conduzir adequadamente os bens financeiros e energéticos é incumbência de todo e qualquer agente público [16].

Aliado a isso, o acórdão destaca ainda, a imprescindibilidade de um plano de ação visando orientar e incentivar todos os órgãos e entidades da Administração Pública Federal, a adotarem medidas voltadas ao aumento da sustentabilidade e eficiência energética, sobretudo no que se refere à utilização da energia elétrica [16].

Vale também informar que o gerenciamento dos recursos energéticos pelas Universidades Federais, requer a implementação de sistemas de gestão de custos que oportunizem alocar tais recursos de maneira eficiente [17]. Desse modo, utilizar as novas tecnologias e metodologias para tornar a gestão acadêmica transparente, eficaz, interativa e responsável é um desafio a ser enfrentado pelos gestores públicos.

Portanto, torna-se evidente, que a adoção de iniciativas com enfoque na eficiência energética, bem como na diminuição do desperdício da energia elétrica no âmbito das universidades públicas, além de proporcionarem inúmeros benefícios qualitativos e quantitativos, podem impactar positivamente a sociedade e o meio ambiente. Dessa forma, faz-se crucial a realização de estudos nessa ótica para expor as vantagens e os efeitos oriundos destas ações sustentáveis.

III. METODOLOGIA

Com o intuito de identificar e analisar os impactos concernentes à inserção de medidas de eficiência energética em universidade pública, realizou-se um estudo de caso na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A presente instituição é constituída por quatro *campi* em quatro cidades situadas no estado do Rio Grande do Norte, a saber: Mossoró, Angicos, Pau dos Ferros e Caraúbas. Contudo, o *campus* sede encontra-se no município de Mossoró, localizado no Estado do Rio Grande do Norte, sendo este dividido em dois lados, Oeste e o Leste.

Nesse sentido, para atingir o escopo do vigente trabalho, realizou-se uma abordagem histórica, em ordem cronológica, acerca das iniciativas voltadas à eficiência energética que foram implementadas pela UFERSA nos últimos anos. Em síntese, tais iniciativas configuram-se nas seguintes categorias:

- Implementação de usinas de geração solar fotovoltaica;
- Elaboração do Programa de Eficiência Energética da UFERSA;
- Troca de lâmpadas convencionais (fluorescentes tubulares) pela tecnologia de LED;
- Ações com enfoque na sustentabilidade ambiental.

A seção A evidencia a descrição cronológica das medidas de eficiência energética incorporadas pela UFERSA na última década, denotando os dados técnicos e quantitativos das mesmas.

A. Medidas relacionadas à eficiência energética implementadas pela UFERSA

A primeira iniciativa pertinente à eficiência energética na UFERSA foi consolidada em 2012, mais precisamente em fevereiro daquele ano, onde foi instalado o primeiro sistema de microgeração solar fotovoltaica da UFERSA, pelo qual originou-se a partir de um projeto oriundo do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Comunicação e Automação. Com uma potência instalada de 3,43 kWp, o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) está localizado nas coordenadas 05° 12' 18" S e 37° 19' 30" W, encontrando-se ao lado do Centro Integrado de Inovação Tecnológica do Semiárido (CITED), conforme denota a Fig. 1, e seu principal objetivo é fomentar projetos e pesquisas na área da geração solar fotovoltaica.

Fig. 1. Mini usina solar fotovoltaica Mossoró I de 3,43kWp.



Fonte: [18].

Em seguida, no ano de 2013, surgiu a segunda ação voltada à iniciativa de medidas de eficiência energética, no caso, através da elaboração do Plano de Logística Sustentável (PLS) da instituição. Nesse viés, as premissas fundamentais do presente plano foram, a saber oportunizar um destino adequado dos resíduos produzidos pela Universidade; mitigar os gastos com energia elétrica e água; e expandir as áreas sombreadas nos *campi* da UFERSA.

Dessa maneira, ainda no ano de 2013, a Universidade implementou a política da coleta seletiva solidária, cuja finalidade principal era recolher o resíduo reciclado no âmbito da instituição, separá-lo e disponibilizá-lo para uma

associação de catadores de materiais recicláveis, promovendo geração de renda e inclusão social.

Em 2014, a UFERSA se destacou no cenário nacional ao alcançar o segundo lugar no Projeto Ideia/Desafio da Sustentabilidade promovido pelo Ministério da Educação (MEC), recebendo uma premiação de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais) para investir em ações com foco na eficiência energética.

Ainda em 2015, a UFERSA realizou um *workshop* para discutir a implantação de usinas solares na universidade, almejando tanto fornecer suporte em pesquisas alusivas à geração solar fotovoltaica, quanto atender parte de sua demanda energética.

Já em 2016, a Universidade efetuou a publicação da portaria UFERSA/GAB Nº 0430/2016 que estabeleceu boas práticas de gestão e uso eficiente da energia elétrica. Dessa forma, neste mesmo ano, a UFERSA instituiu o seu Programa de Eficiência Energética, objetivando viabilizar ações de sustentabilidade energética, bem como adotar políticas de uso consciente da eletricidade em toda a comunidade acadêmica.

Ainda no ano de 2016, precisamente no mês de novembro, entrou em operação a Usina Solar Mossoró II, localizada nas coordenadas 05° 02' 03" S e 37° 34' 16" W. Desse modo, a usina foi constituída por 580 módulos fotovoltaicos de silício policristalino, dividido em 10 *strings* de 58 módulos, do fabricante *Canadian Solar*, modelo CS6P-260P-SD, cuja potência nominal individual de pico é 260 Wp (*vide* Fig. 2). Nesse sentido, os arranjos das 10 *strings* produziam uma potência instalada total de 150,8 kWp. Aliado a isso, também integram ao SFCR 10 inversores trifásicos da empresa *Ginlong Technologies Solis*, com uma potência nominal de 15 kW cada, conforme exibe a Fig. 3.

Fig. 2. Vista superior da Usina Solar Mossoró II de 150,8 kWp – *campus* Mossoró.



Fonte: [18].

Fig. 3. Inversores trifásicos da Usina Solar Mossoró II.



Fonte: [18].

De acordo com [18] e [19], a Usina Solar Mossoró II inicialmente era responsável pela geração de aproximadamente 7% da energia elétrica do *campus* UFERSA/Mossoró, apresentando uma geração média mensal de 18.000 a 20.000 kWh/mês, em uma área apropriada de 933 m². Ademais, é oportuno enfatizar, que o SFCR possui o acompanhamento remoto da geração de energia elétrica através dos inversores, via *wi-fi*.

Em 2017, o Programa de Eficiência Energética da UFERSA é condecorado com a premiação na 21º Concurso de Inovação da Escola Nacional de Administração Pública. Neste mesmo ano, a instituição realizou o II Workshop Usinas Solares Fotovoltaicas (UFV's): ambientes de inovação. O evento tinha como objetivo incentivar a construção do conhecimento técnico científico acerca da geração solar fotovoltaica, bem como propor alternativas para construção de novos empreendimentos de usinas solares nos *campi* de Angicos, Caraúbas e Pau dos Ferros.

Já no ano de 2018, a UFERSA ganhou visibilidade nacional ao ser a primeira Universidade brasileira a receber o centésimo Selo Solar conferido pelo Instituto Ideal para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina. A premiação foi conferida à Universidade durante o 9º Seminário de Energia Limpa, que ocorreu entre os dias 04 e 05 de junho daquele ano na cidade de Florianópolis/SC.

Nessa conjuntura, a UFERSA realizou a instalação de novas UFV's nos quatro *campi* que constituem a Instituição. Dessa forma, em março de 2018 entra em operação a Usina Solar Mossoró III, situada nas coordenadas 05° 12' 19" S e 37° 19' 25" W, em uma área de 93,7 m² no telhado do prédio de Engenharias I. Assim, o SFCR é composto por 48 módulos FV's de silício policristalino do fabricante *Canadian Solar*, modelo CS6U-325, totalizando uma potência instalada de 15,6 kWp, conforme denota a Fig. 4. Ademais, o SFVCR conta com 2 inversores trifásicos da empresa ABB, com uma potência nominal de 10 kW (*vide* Fig. 5).

Fig. 4. Usina Solar Mossoró III de 15,6 kWp – *campus* Mossoró.



Fonte: [18].

Fig. 5. Inversores trifásicos da Usina Solar Mossoró III.



Fonte: [18].

Além das medidas supramencionadas implantadas na UFERSA Mossoró/RN, vale ressaltar as que tem ocorrido em outros Campis. por exemplo, em 2018, entraram em operação na UFERSA outras 3 usinas fotovoltaicas nos *campi* de Angicos, Caraúbas e Pau dos Ferros. A UFV Angicos I foi inaugurada em setembro de 2018, e está localizada nas coordenadas 05° 39' 18" S e 36° 36' 56" W. O SFCR dispõe de 190 módulos FVs de silício policristalino do fabricante *Trina Solar*, modelo DUOMAX Dual Glass 72-Cell-330W, totalizando uma potência instalada de 62,7 kWp. Aliado a isso, o SFVCR apresenta 3 inversores trifásicos da empresa *SMA Sunny Tripower*, modelos MIN 25000TL (02 unidades) e 15000TL (01 unidade), somando juntos uma potência de 65 kW.

As usinas solares dos *campi* de Caraúbas e Pau dos Ferros foram instaladas, respectivamente, em outubro e novembro de 2018, ambas com as mesmas características e potência instalada da UFV de Angicos I, ou seja, 62,7 kWp cada.

Finalmente, a UFERSA marca o término do ano de 2018, firmando uma parceria com a empresa *Faber-Castell*, para promover a reciclagem de instrumentos de escrita, tais como lápis, canetas, borrachas, marcadores de textos, dentre outros utensílios.

Por outro lado, em 2019 a UFERSA inaugurou 4 estações meteorológicas automatizadas nas UFV's, sendo uma em cada *campus*. O objetivo fundamental das mesmas é monitorar as variáveis climatológicas locais, tais como temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar, chuva, pressão atmosférica, entre outras. Dessa maneira, essas estações meteorológicas

forneem um importante banco de dados, que por sua vez, auxiliam em estudos e pesquisas referentes à previsibilidade do recurso solar.

Nesse mesmo ano, a Universidade realizou a aquisição de 2.341 lâmpadas tubulares de LED, apresentando potências nominais de 18W e 10 W, bem como um fluxo luminoso de 2.100 lm. Sendo assim, a UFERSA iniciou a eficiência da iluminação no *campus* Mossoró.

Ainda no ano de 2019, a UFERSA implementou a sua primeira Usina de Compostagem, conforme evidencia a Fig. 6. Desse modo, os resíduos de podas de árvores, cascas de frutas, vegetais e alimentos não consumidos ou descartados procedentes do restaurante da universidade serão transportados para a presente usina, onde serão transformados em adubo orgânico.

Fig. 6. Usina de compostagem da UFERSA *campus* Mossoró.



Fonte: [20].

Precisamente em março de 2019, entrou em operação no *campus* sede da UFERSA a Usina Solar Mossoró IV, situada nos pontos georreferenciais 05° 12' 28" S e 37° 19' 19" W, em uma área de 814,9 m² no telhado do Centro de Engenharias. O SFCR é composto por 439 módulos FV's de silício policristalino do fabricante *GCL*, modelo P6/72H-335W, conferindo uma potência instalada total de 147 kWp, conforme ilustra a Fig. 7. Ademais, o SFVCR conta com 4 inversores trifásicos da empresa *WEG*, modelo SIW500H-ST36, perfazendo juntos uma potência de 144 kW (*vide* Fig. 8).

Fig. 7. Vista superior da Usina Solar Mossoró IV de 147 kWp – *campus* Mossoró.



Fonte: [18].

Fig. 8. Inversores trifásicos da Usina Solar Mossoró IV.



Fonte: [18].

No mês de junho de 2019, a UFERSA organizou a realização do III Workshop Usinas Solares Fotovoltaicas (UFV's), promovendo atividades dinâmicas e minicursos pertinentes a energia solar, bem como a sustentabilidade energética nos quatro *campi* da instituição. O encontro proporcionou uma ampla discussão acerca das UFV's existentes na universidade, além de fomentar projeções futuras para implementação de novas usinas.

No que se refere ao ano de 2020, a referida Universidade realizou a implementação de uma série de UFV's. Nessa ótica, em agosto de 2020 entra em operação as Usinas Solares Mossoró V e VI. Dessa maneira, as centrais geradoras supracitadas compreendem uma área de 943,2 m² no telhado do Pavilhão do Expocenter. Nesse sentido, o SFCR dispõe de 470 módulos FV's de silício policristalino do fabricante *Astroenergy AstroSemi*, outorgando uma potência instalada total de 185,65 kWp (*vide* Fig. 9). Além disso, o SFCR é constituído por 8 inversores trifásicos da empresa *WEG*, totalizando uma potência nominal de 160 kW, conforme denota a Fig. 10.

Fig. 9. Vista superior das Usinas Solares Mossoró V e VI de 185,65 kWp – campus Mossoró.



Fonte: [18].

Fig. 10. Inversores trifásicos das Usinas Solares Mossoró V e VI.



Fonte: [18].

Outrossim, nos meses de agosto e setembro deste mesmo ano, a UFERSA implementou as Usinas Solares Mossoró VII, VIII e IX, ambas com a mesma potência instalada, ou seja, 95,175 kWp. A UFV Mossoró VII abrange uma área de 472,8 m² no telhado do prédio do bloco de docentes II no Centro de Engenharias.

Nesse contexto, o SFCR apresenta 235 módulos FV's de silício policristalino do fabricante *Trina Solar*. Consoante a isso, integram a UFV 4 inversores da WEG, totalizando uma potência nominal de 80 kW. Por outro lado, a UFV Mossoró VIII, engloba uma área de 472,8 m² no telhado do prédio de docentes do Centro de Ciência Exatas e Naturais (CCEN).

De outra parte, a UFV Mossoró IX, contempla uma área de 472,8 m² no telhado do prédio da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG). É oportuno salientar, que os materiais que constituem as UFV's Mossoró VII, VIII e IX, apresentam especificações técnicas e são do mesmo fabricante. As Fig. 11, 12 e 13, denotam, respectivamente, as UFV's supracitadas.

Fig. 11. Vista superior da Usina Solar Mossoró VII.



Fonte: [18].

Fig. 12. Vista superior da Usina Solar Mossoró VIII.



Fonte: [18].

Fig. 13. Vista superior da Usina Solar Mossoró IX.



Fonte: [18].

Ainda em 2020, a UFERSA realiza a instalação das Usinas Solares Mossoró X, XI e XII, fornecendo uma potência instalada total de 255,31 kWp. Dessa forma, a UFV Mossoró X, compreende uma área de 471,6 m² no telhado do Bloco Administrativo II (Prédio Rosadão), conforme ilustra a Fig. 14. O SFCR é formado por 235 módulos FV's de silício policristalino do fabricante *Astroenergy AstroSemi*, totalizando uma potência instalada 92,825 kWp. Aliado a isso, o SFCR também dispõe de 4 inversores da WEG, com uma potência nominal de 20 kW cada.

Fig. 14. Vista superior da Usina Solar Mossoró X.



Fonte: [18].

No que diz respeito a UFV Mossoró XI, faz-se importante destacar, que os seus parâmetros técnicos são exatamente os mesmos da UFV Mossoró X. Logo, o presente SFCR de 92,825 kWp, encontra-se no telhado do galpão de veículos de grande porte do Setor de Transportes da UFERSA, conforme exhibe a Fig. 15.

Fig. 15. Vista superior da Usina Solar Mossoró XI.



Fonte: [18].

Finalmente, a UFV Mossoró XII, possui uma potência instalada total de 69,66 kWp. Logo, este SFCR compreende

um arranjo de 172 módulos FV's de silício policristalino do fabricante *Astroenergy AstroSemi*. Ademais, o SFCR também conta com 3 inversores da WEG, com potência nominal individual de 20 kW. A UFV abrange uma área de 346,05 m² e está localizada no telhado do prédio do bloco de Docentes II (*campus Oeste*) do Centro de Ciências Agrárias (CCA), conforme exhibe a Fig. 16.

Fig. 16. Vista superior da Usina Solar Mossoró XII.



Fonte: [18].

Sob outra perspectiva, em 2020 a UFERSA também realizou, em parceria com o projeto de Eficientização de Prédios Públicos e Energia com Cidadania, dentro do Programa de Eficiência Energética da COSERN, a substituição de toda a iluminação do *campus* Caraúbas por lâmpadas de LED.

Por fim, no término do ano de 2020, a Universidade efetivou a contratação de 16 novos empreendimentos de UFV's, sendo 8 usinas de 35 kWp e 8 de 80 kWp, distribuídas nos quatro *campi* da Universidade. A perspectiva é que ambas as UFV's entrem em operação até o segundo trimestre de 2022.

Por outro lado, em fevereiro de 2021, foi realizada a implementação do monitoramento integrado de todas as UFV's por meio da plataforma *Solarview*. Dessa maneira, essa plataforma reúne dados em tempo real dos SFCR's, oportunizando o acesso da universidade as informações concernentes a economia de energia elétrica, geração de eletricidade, balanço energético, bem como aos relatórios diários, mensais e anuais de todo o portfólio de usinas.

É válido ressaltar, que embora tenha-se mencionado as UFV's existentes nos *campi* de Angicos, Caraúbas e Pau dos Ferros, o enfoque principal deste trabalho foi justamente as UFV's e as medidas tocantes à eficiência energética implementadas no *campus* central da UFERSA (Mossoró).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em virtude dos dados obtidos acerca das medidas de eficiência energética incorporadas pela UFERSA nos últimos anos, tornou-se possível averiguar os impactos da inserção das mesmas, bem como os benefícios qualitativos e quantitativos que tais ações têm proporcionado à Instituição. Nessa ótica, os tópicos a seguir, evidenciam pormenorizadamente os resultados concernentes as categorias de análise das medidas de eficiência energética supracitadas. Por fim, a última seção apresenta projeções futuras de geração de energia elétrica e economia monetária oriunda do portfólio de UFV's da Universidade.

É oportuno salientar, que as análises realizadas no presente trabalho se referem a anos típicos, ou seja, com a Universidade desempenhando as atividades de ensino, pesquisa e extensão normalmente, desconsiderando, portanto, o cenário da pandemia de coronavírus (Covid-19).

A. Implementação de usinas de geração solar fotovoltaica

Segundo [21], a geração anual total de energia elétrica nas UFV's da UFERSA *campus* Mossoró é estimada em 1.725.185,92 kWh. Dessa forma, ponderando um consumo médio residencial nacional de 200 kWh/mês [22], esse montante de geração seria suficiente para abastecer cerca de 8.625 residências.

É válido destacar, que considerando a modalidade tarifária Horo-sazonal Verde (HSV), este montante de energia produzida pelas UFV's equivale a cerca de 42,7% do consumo do *campus* central da Universidade em um ano típico, outorgando-lhe uma economia anual de algo em torno de R\$ 600 mil. A Tabela I mostra a estimativa de produção de energia, a porcentagem de consumo referente ao *campus* e a economia anual oriunda de cada uma das UFV's.

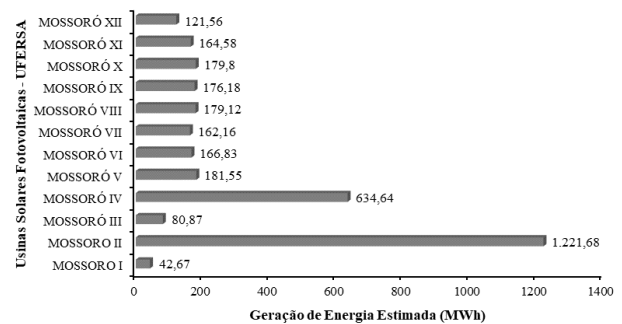
TABELA I. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO ANUAL DAS UFV'S DA UFERSA CAMPUS MOSSORÓ.

Usina	Potência (kWp)	Produção Anual Estimada		Economia (R\$)
		Energia Gerada (kWh)	Porcentagem de consumo do Campus	
Mossoró I	3,43	5.671,53	0,1%	1.974,00
Mossoró II	150,8	249.348,77	6,2%	86.797,00
Mossoró III	15,6	25.794,70	0,6%	8.979,00
Mossoró IV	147	243.065,44	6,0%	84.610,00
Mossoró V	92,83	153.495,00	3,8%	53.416,00
Mossoró VI	92,83	153.495,00	3,8%	53.416,00
Mossoró VII	95,18	157.380,74	3,9%	54.769,00
Mossoró VIII	95,18	157.380,74	3,9%	54.769,00
Mossoró IX	95,18	157.380,74	3,9%	54.769,00
Mossoró X	92,83	153.495,00	3,8%	53.416,00
Mossoró XI	92,83	153.495,00	3,8%	53.416,00
Mossoró XII	69,66	115.183,26	2,9%	40.086,00
Total	1.043,35	1.725.185,92	42,7%	600.417,00

Fonte: Adaptada de [21].

De outra parte, fundamentado no banco de dados do monitoramento integrado das UFV's por meio da plataforma *Solarview* [23], tornou-se possível realizar uma estimativa acerca da geração de energia elétrica em MWh do portfólio de usinas desde a sua entrada em operação até o presente momento, conforme evidencia a Fig. 17.

Fig. 17. Geração de energia das UFV's da UFERSA *campus* Mossoró desde a sua entrada em operação.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Nesse sentido, analisando-se a Fig. 17, nota-se que a maior estimativa de produção de energia elétrica se refere a Usina Solar Mossoró II, gerando aproximadamente 1.221,68 MWh. Tal fato pode ser justificado em virtude da sua maior potência instalada (150,8 kWp), bem como do seu tempo em plena operação (desde novembro de 2016). Dessa maneira, aplicando-se a estrutura tarifária Horo-sazonal Verde (HSV), pela qual a Universidade está enquadrada, conclui-se que esse quantitativo de energia produzida forneceu ao *campus* sede uma economia monetária de R\$ 349.400,00.

Aliado a isso, considerando-se a estimativa da geração fotovoltaica de todo o portfólio das UFV's da UFERSA *campus* Mossoró, desde a sua entrada em operação até o presente momento (ano 2021), verifica-se um montante de energia de aproximadamente 3.311,64 MWh, proporcionando à Universidade uma economia total de cerca de R\$ 1.008.232,00.

De acordo com [21], sabendo que a geração de energia elétrica denota um fator médio anual de 0,083 tCO₂/MWh, confrontando-se a estimativa de geração de eletricidade proveniente das UFV's com indicadores tocantes à sustentabilidade ambiental, conclui-se que a UFERSA impediu a emissão na atmosfera de aproximadamente 350 toneladas de CO₂, o que equipara-se ao sequestro de carbono equivalente a 5,20 hectares de vegetação da Caatinga, ou ao plantio de 2.952 árvores deste bioma.

B. Elaboração do Programa de Eficiência Energética da UFERSA

Conforme supracitado, após a UFERSA efetuar a publicação da portaria N° 0430/2016 que estabeleceu boas práticas de gestão e uso eficiente da energia elétrica, a universidade institui o seu Programa de Eficiência Energética (PEE), almejando oportunizar ações de sustentabilidade energética, bem como adotar campanhas de uso consciente da eletricidade em todos os *campi* da instituição.

Nessa conjuntura, as medidas com enfoque na sustentabilidade e eficiência energética implementadas pelo PEE no âmbito da UFERSA, têm proporcionado diversos benefícios quantitativos e qualitativos a comunidade acadêmica, tais como a redução do desperdício de energia elétrica e a otimização do uso adequado dos recursos energéticos.

Dessa forma, os resultados obtidos por essas ações impactam positivamente à Universidade, tendo em vista que

contribuem significativamente para a eficiência dos seus bens e serviços, além de fomentar a disseminação de conhecimentos, práticas alusivas à eficiência energética, bem como a Geração Distribuída Fotovoltaica (GD-FV) na instituição.

C. Troca de lâmpadas convencionais pela tecnologia de LED

Sabe-se que as lâmpadas de LED, se destacam em virtude da sua eficiência luminosa e durabilidade, sendo até 80% mais econômicas que as lâmpadas incandescentes tradicionais de mesma potência [14]. Dessa maneira, desde o ano de 2019, a UFERSA tem investido consideravelmente na substituição das lâmpadas convencionais existentes nos prédios da instituição por lâmpadas da tecnologia de LED.

De acordo com [14], ao realizar um estudo pormenorizado acerca da substituição das lâmpadas tradicionais da Universidade pelas lâmpadas de LED em 2019, foi identificado por meio de inspeções visuais, que as principais lâmpadas existentes nos prédios da UFERSA são do tipo fluorescente tubular, cuja potência nominal é de 40W.

Desse modo, para viabilizar a troca das mesmas, a Instituição realizou a aquisição de lâmpadas de LED equivalentes as lâmpadas fluorescentes descritas anteriormente. A Tabela II evidencia uma comparação das especificações técnicas entre as lâmpadas fluorescentes de 40W existentes, com as lâmpadas de LED incorporadas na iluminação da UFERSA.

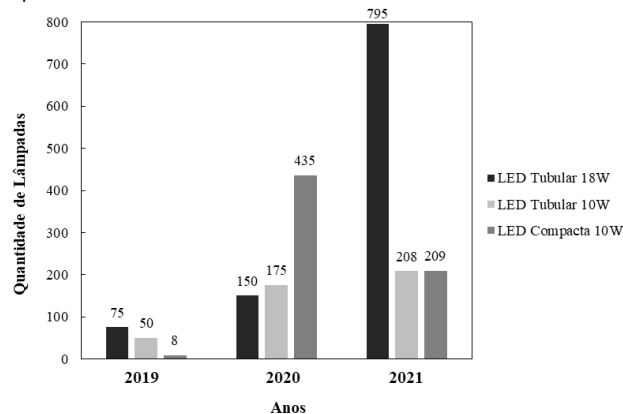
TABELA II. COMPARAÇÃO ENTRE AS LÂMPADAS FLUORESCENTES COM AS LÂMPADAS LED INSTALADAS NOS PRÉDIOS DA UFERSA.

Lâmpadas		
Tipo	Potência Nominal (W)	Fluxo Luminoso (lm)
Fluorescente Tubular	40	2.500
LED Tubular	18	2.100
LED Tubular	10	900
LED Compacta	10	900

Fonte: Autoria própria, 2021.

Nesse sentido, com base nos dados fornecidos pela Superintendência de Infraestrutura (SIN) da Universidade, realizou-se um levantamento acerca do quantitativo das lâmpadas LED descritas na Tabela II, pelas quais foram introduzidas nos últimos 3 anos em prédios da UFERSA (*vide* Fig. 18), substituindo, portanto, as lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W.

Fig. 18. Número de lâmpadas de LED instaladas nos prédios da UFERSA no período de 2019 a 2021.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Observando-se a Fig. 18, nota-se que no ano de 2019 a UFERSA efetuou a substituição de 133 lâmpadas fluorescentes de 40W por lâmpadas da tecnologia de LED, sendo 75 do tipo LED tubular de 18W, 50 do tipo LED tubular de 10W e 8 do tipo LED compacta de 10W.

Por outro lado, no que diz respeito ao ano de 2020, a Universidade avançou significativamente atingindo a troca de 760 lâmpadas fluorescentes de 40W por lâmpadas de LED, sendo 150 do tipo LED tubular de 18W, 175 do tipo LED tubular de 10W e 435 do tipo LED compacta de 10W.

Finalmente, até o mês de outubro deste ano, a UFERSA executou a troca de 1.212 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W por lâmpadas de LED, englobando 795 do tipo LED tubular de 18W, 208 do tipo LED tubular de 10W e 209 do tipo LED compacta de 10W. A previsão é que até o final do referido ano seja efetuada a substituição de mais 600 lâmpadas convencionais na Instituição.

Ante o exposto, durante o período de 2019 a 2021 a UFERSA realizou a troca de 2.105 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W pelas lâmpadas de LED explanadas anteriormente. Dessa maneira, em virtude dessa substituição, a carga instalada da iluminação que a priori era de 84,20 kW foi atenuada para 29,21 kW, uma redução de algo em torno de 35%, valor bastante expressivo.

Ponderando o valor da tarifa por kWh consumido do Grupo A, pela qual é determinada pela ANEEL e regida pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) [24], essa redução de quase 35% da carga instalada representa uma economia monetária mensal de quase R\$ 6.000,00 à Universidade.

Por fim, é válido destacar, que as perspectivas futuras relacionadas à substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares pelas lâmpadas de LED são promissoras na UFERSA, haja vista que espera-se para o próximo ano, no caso, ano de 2022, um investimento na ordem de R\$ 1.000.000,00 para o *retrofit* no sistema de iluminação de vários prédios da Universidade, sobretudo aqueles que funcionam no horário de ponta, tais como sala de aulas e biblioteca.

Dessa maneira, espera-se que ocorra a troca de 12.500 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W pelas lâmpadas de LED tubulares de 18W. Tal substituição irá proporcionar uma economia monetária mensal na fatura de energia de aproximadamente R\$ 45.000,00 à Universidade.

D. Ações com enfoque na sustentabilidade ambiental: o caso da usina de compostagem

Conforme retratado na abordagem metodológica do presente trabalho, a principal ação com enfoque na sustentabilidade ambiental implementada pela UFERSA, refere-se à construção da Usina de Compostagem no ano de 2019.

Nesse contexto, a presente usina tem desempenhado um papel fundamental na Instituição, haja vista que todos os resíduos de podas de árvores, cascas de frutas, vegetais e alimentos não consumidos ou descartados oriundos do restaurante da universidade, são depositados na mesma e, posteriormente, transformados em adubo orgânico.

Desse modo, de acordo com [20], a referida usina já realizou o processo de compostagem de aproximadamente 5 toneladas de resíduos provenientes da própria universidade, concedendo um adubo orgânico de qualidade para impulsionar pesquisas na área da agronomia, bem como para o cultivo de hortaliças e diversas espécies de plantas no âmbito da instituição.

E. Projeções de geração de energia e economia monetária das UFV's

Conforme supramencionado, entrará em operação na UFERSA até o segundo trimestre do próximo ano, 16 novas UFV's, sendo 8 usinas de 35 kWp e 8 de 80 kWp, distribuídas nos quatro *campi* da Universidade. Nesse sentido, realizou-se projeções futuras a curto, médio e longo prazo, relativas à geração de energia elétrica, bem como da economia monetária concedida por todo o portfólio de UFV's da instituição, conforme denotado na Tabela III.

Contudo, é oportuno salientar que em virtude das perdas de geração e redução da vida útil dos equipamentos que integram as UFV's, as oscilações referentes aos valores praticados das tarifas de energia elétrica do Grupo A, bem como do fator da imprevisibilidade do recurso solar, as projeções realizadas no presente trabalho apresentam um erro estimado em $\pm 5\%$.

TABELA III. PROJEÇÕES FUTURAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E ECONOMIA DAS USINAS SOLARES DA UFERSA.

Portfólio de UFV's da UFERSA		
Ano	Estimativa de Geração de Energia (MWh)	Economia (R\$)
2025	18.000	5.600.000,00
2030	32.000	10.000.000,00
2035	48.000	15.000.000,00
2040	60.000	18.750.000,00

Fonte: Autoria própria, 2021.

Através da Tabela III, nota-se que as UFV's da UFERSA no ano de 2025, fornecerão um montante de produção de energia em torno de 18.000 MWh, disponibilizando a instituição uma economia total de aproximadamente R\$ 5.600.000,00.

De outra parte, no horizonte 2030 a estimativa da geração fotovoltaica das usinas figura-se em torno de 32.000 MWh, fornecendo a Universidade uma economia total de

cerca de R\$ 10.000.000,00. Por outro lado, em 2035 a produção de energia elétrica oriunda das UFV's atingirá um montante de 48.000 MWh, proporcionando a UFERSA uma economia total de aproximadamente R\$ 15.000.000,00.

Finalmente, no que se refere ao ano de 2040, a estimativa de geração de energia elétrica das UFV's alcançará um montante de 60.000 MWh, propiciando uma poupança de R\$ 18.750.000,00 para a Universidade.

Portanto, analisando-se as projeções futuras relacionadas à geração de energia elétrica proveniente das UFV's da UFERSA, observa-se uma tendência de evolução linear ascendente no período de tempo averiguado, apresentando-se um incremento médio de aproximadamente 14.000 MWh a cada 5 anos. Contudo, em decorrência da redução da vida útil dos módulos e inversores das usinas, nota-se que a geração fotovoltaica a longo prazo irá ser atenuada.

Por último, considerando o somatório da geração de energia elétrica anual das UFV's existentes com as UFV's porvindouras na Instituição, pelas quais serão instaladas em sua maioria no *campus* Mossoró, ambas irão atingir em torno de 75% do consumo referente ao *campus* central da Universidade. Logo, chegará um determinado momento em que a demanda de geração se igualará a contratada pela UFERSA, proporcionando, portanto, atendimento à praticamente toda a demanda de energia elétrica da comunidade acadêmica através da geração solar fotovoltaica.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para oportunizar o desenvolvimento do presente trabalho, tornou-se necessário, em primeiro plano, compreender o contexto da eficiência energética no cenário brasileiro, bem como a importância da implementação de medidas tocantes a essa temática em órgãos e entidades da administração pública, sobretudo nas universidades federais.

Por conseguinte, realizou-se um estudo de caso na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), averiguando quantitativamente e qualitativamente os impactos da inserção das medidas de eficiência energética na vigente instituição. Dessa maneira, efetuou-se uma abordagem histórica, em ordem cronológica, no que concerne às ações voltadas a eficiência energética incorporadas pela UFERSA nos últimos anos.

Nesse sentido, fundamentado na descrição detalhada acerca das medidas de eficiência energética concretizadas pela referida Universidade na última década, concluiu-se que tomando como base as estimativas de geração de energia elétrica das UFV's implementadas na UFERSA *campus* Mossoró, constatou-se que as mesmas, desde a sua entrada em operação até a presente data, foram responsáveis pela geração de algo em torno de 3.311,64 MWh, fornecendo a Instituição uma economia monetária total de cerca de R\$ 1.008.232,00.

De outra parte, em virtude da substituição de lâmpadas convencionais (fluorescentes tubulares) por lâmpadas de LED nos prédios da UFERSA, percebe-se nitidamente que nos últimos três anos, houve uma redução de aproximadamente 35% da carga instalada referente à iluminação da Universidade, concedendo uma economia mensal em torno de R\$ 6.000,00.

Por todo o exposto, as ações pertinentes à eficiência energética recentemente adotadas pela UFERSA, pelas quais foram enfatizadas no presente estudo, promoveu vários benefícios quantitativos e qualitativos a toda comunidade acadêmica, tais como a diminuição do desperdício de energia elétrica, a otimização do uso consciente dos recursos energéticos, a difusão de conhecimentos e práticas referentes à eficiência energética, bem como o fortalecimento da Geração Distribuída Fotovoltaica (GD-FV) na Instituição.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se realizar um estudo a longo prazo, preferencialmente no horizonte 2050, no que diz respeito às UFV's presentes na Universidade, efetuando projeções de geração de energia, economia e indicadores voltados à sustentabilidade. Além disso, para as análises desta pesquisa porvindoura, considerar-se-á os 16 novos empreendimentos de UFV's que estão sendo distribuídos nos quatro *campi* da UFERSA.

REFERÊNCIAS

- [1] ALTOÉ, Leandra *et al.* Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 39, p. 285-297, 2017. ISSN 0103-4014.
- [2] FERREIRA, T. V. B. **Atlas de Eficiência Energética**. Empresa de Pesquisa Energética/Ministério de Minas e Energia – EPE/MME, 149p., 2019.
- [3] EVANGELISTA, Artur de Almeida. **Análise de eficiência energética do Instituto Federal do Ceará – Campus Fortaleza**. 2018. 80f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, Ceará, Brasil, 2018.
- [4] SANTOS, R. E. R. *et al.* Análise do Desempenho Energético do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Aneel. THE XI LATIN-AMERICAN CONGRESS ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION – CLAGTEE, São José dos Campos/SP, 2015. **Anais [...]**. José dos Campos/SP, p. 1-8, 2015.
- [5] RUFINO, Romeu Donizete. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE**. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Programa de Eficiência Energética (PEE), 184p., 2017.
- [6] COSTA, Raimisson Rodrigues Ferreira. **Avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem e níveis mínimos de Eficiência Energética: uma avaliação baseada em teoria**. 2017. 161f. Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento), Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2017.
- [7] SILVA, João Lucas de Souza. Análise do avanço da geração distribuída no Brasil. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, Gramado/RS, 2018. **Anais [...]**. Gramado/RS, p. 1-11, 2018.
- [8] MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho. **Análise da inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro**. 2013. 309f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
- [9] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (Brasil). **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2. ed – Brasília: ANEEL, 34p., 2016.
- [10] FERREIRA, T. V. B. **Plano Nacional de Energia - PNE 2050**. Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, Brasil, MME/EPE, 231p., 2020.
- [11] FARIA, Ana Carolina. **Iluminação sustentável: os benefícios do uso da tecnologia led nos projetos de iluminação**. 2014. 131f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável), Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, 2014.
- [12] SOBREIRA, Sandro Geraldo Alves. **Eficiência energética aplicada a iluminação**. 2017. 42f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação), Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 2017.
- [13] DALL'AGNOL, Francielle *et al.* **Acelerando a eficiência das edificações no Brasil: ações prioritárias para líderes urbanos**. Working Paper. Porto Alegre/RS, Brasil. WRI Brasil. Disponível: <www.wricidades.org/research/publication/acelerandoeficiencia-das-edificacoes>. Acesso em: 22 set. 2021.
- [14] TEIXEIRA, I.; RIVERA, R.; REIFF, L. O. **Iluminação LED: sai Edison, entram Haitz e Moore – benefícios e oportunidades para o país**. *Tecnologias da Informação e Comunicação*, BNDES Setorial, v. 43, p. 363-412, 2016.
- [15] MORAIS JÚNIOR, F. E. G.; GUERRA, F. K. O. M. V. **Análise da Inserção de Lâmpadas LED em Prédios da UFERSA**. Departamento de Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, P. 1-10, 2019.
- [16] TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO – TCU. **Acórdão 1.752/2011**. Brasília, TCU, 54p., 2011. Disponível: <<https://portal.tcu.gov.br/inicio/>>. Acesso em: 15 out. 2021.
- [17] LIMA, Celina Moraes. **Projeto de eficiência energética aplicado em escolas públicas do estado Ceará: metodologia, aplicação e análise de cenários**. 2018. 106f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2018.
- [18] ASSECOM (Ed.). **Usinas Solares da UFERSA**. 2021. Disponível em: <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/>>. Acesso em: 10 out. 2021.
- [19] SOUSA, E. M. R.; LEMOS, H. T. Q.; GUERRA, F. K. O. M. V. **Análise da operação e manutenção da usina solar fotovoltaica Mossoró II da UFERSA**. Departamento de Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, P. 1-9, 2019.
- [20] ASSECOM (Ed.). **UFERSA Ambiental: Gestão de resíduos**. 2021. Disponível em: <<https://ambiental.ufersa.edu.br/gestao-de-residuos/>>. Acesso em: 12 out. 2021.
- [21] ASSECOM (Ed.). **Geração de energia elétrica das usinas solares da UFERSA**. 2021. Disponível em: <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/geracao-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 16 out. 2021.
- [22] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE (Brasil). **Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica**. EPE, p. 1-2, 2021. Disponível: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/resenha-mensal-do-mercado-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 22 out. 2021.
- [23] SOLARVIEW. **Monitoramento da geração de energia das usinas solares fotovoltaicas da UFERSA**. 2021. Disponível em: <<https://my.solarview.com.br/unidades-publicas/32583>>. Acesso em: 18 out. 2021.
- [24] COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE – COSERN. **Tabela de tarifas de energia elétrica**: Grupo A. COSERN, p. 1-5, 2021. Disponível em: <<https://servicos.neoenergiascosern.com.br/comercial/industrial/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-a.aspx>>. Acesso em: 18 out. 2021.