



# ESTUDO DE VIABILIDADE REFERENTE AOS TIPOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS POSSÍVEIS PARA UTILIZAÇÃO NO TERMINAL PORTUÁRIO DE NAVEGANTES

## RESUMO

A cada dia que passa a sociedade se torna mais atenta e exigente a questões relacionadas à sustentabilidade. Grandes companhias e corporações mundiais passam a ter um papel fundamental, buscando adequação socioambiental e também satisfazer sua clientela. Nesse sentido, o presente artigo tem por objetivo principal realizar um estudo referente aos tipos de energias renováveis possíveis, para utilização em um Terminal Portuário, visando o retorno financeiro e sustentável do projeto. A atividade portuária é um cenário extremamente competitivo em Santa Catarina, condicionando que Terminais Portuários desenvolvam e adotem energias renováveis em sua matriz energética. Assim, para desenvolvimento desta pesquisa, como contribuição para reflexões do Terminal portuário estudado, o estudo utilizou-se como metodologia uma abordagem qualitativa, dispondo do método dedutivo, pesquisa documental e pesquisa semiestruturadas. O procedimento técnico utilizado foi de pesquisa-ação. Foram levantados os principais tipos de energia renovável que mais se adequam à necessidade da companhia e pesquisadas soluções disponíveis no mercado para atender a demanda da empresa. Como resultado, são apresentados os pontos fortes e fracos de cada projeto analisado e detecção de que a opção mais vantajosa para a construção de uma usina fotovoltaica é na cidade de Bom Jesus da Lapa (BA), em virtude dessa localidade possuir maior índice de irradiação solar e, ao mesmo tempo, apresentar o menor custo de investimento em uma usina em solo remoto.

**Palavras-chave:** energia renovável; sustentabilidade; terminal portuário.

BORGES, Deise Nadir.  
Bacharel em Engenharia  
Civil (SINERGIA).  
deiseborges25@gmail.com

PARUCKER, Fernando  
Falaster.  
Graduado em  
Engenharia Mecânica;  
Especialização em  
Engenharia de Segurança  
do Trabalho; Mestre em  
Engenharia Florestal.  
Professor da Faculdade  
Sinergia.  
Orientador.  
fernando.parucker@  
sinergia.edu.br  
<http://lattes.cnpq.br/3713105909332776>

BORGES, Deise Nadir;  
PARUCKER, Fernando Falaster.  
Estudo de viabilidade referente aos  
tipos de energias renováveis  
possíveis para utilização no terminal  
portuário de Navegantes. **REFS –**  
**Revista Eletrônica da Faculdade**  
**Sinergia, Navegantes, v.13, n.21, p.**  
**22-38, jan./jul. 2022.**

## INTRODUÇÃO

É notável que as grandes empresas e corporações sofrem influência do mercado global em todos os aspectos. Dentre essas influências, pode-se destacar, positivamente, comportamentos sustentáveis, por meio de atitudes e consciência ambiental, impactando na economia local. Tais ações e comportamentos trazem ainda grandes vantagens para a empresa, dentre elas, representatividade. Investimentos em fontes renováveis de energia são um exemplo de ação sustentável que, além de ser um investimento rentável financeiramente, foca nas necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras e ainda é uma estratégia de marketing “gratuita”.

As energias renováveis vêm de encontro à filosofia que muitas empresas estão adotando. O Brasil tem uma grande matriz energética, os recursos naturais atraem novos projetos e a viabilidade econômica costuma ser atrativa, pois a produção de energia solar, eólica e mecânica preserva o meio ambiente e são transformadas em energia elétrica. Desta forma, podemos explicar energia renovável como a energia que é extraída de fontes naturais e que conseguem se renovar, sendo assim, fontes inesgotáveis.

Localizada no município de Navegantes, estado de Santa Catarina, a Empresa “X” – objeto de análise do estudo – iniciou suas operações em outubro de 2007, como o primeiro Terminal Portuário privado de contêineres do país, e é reconhecida internacionalmente pela qualidade na prestação de serviços e pela alta produtividade. O Terminal Portuário tem como premissa o compromisso com a excelência e promoção do desenvolvimento sustentável. Atualmente, possui área total de 400 mil m<sup>2</sup>, sendo cerca de 360 mil m<sup>2</sup> de área alfandegada, dividida em 3 berços de atracação, em um cais linear de 900 m, com capacidade estática de armazenagem de 30 mil TEUs (unidade de medida portuária equivalente a um volume ocupado por um contêiner de 20 pés). A infraestrutura do Terminal ainda apresenta: 6 Portêineres (guindaste portuário – utilizado para realizar as operações de embarque e desembarque de contêineres no navio), 18

Transtêineres (utilizado para a movimentação, carregamento e descarregamento de contêineres de carretas com rapidez), 40 *Terminal Tractors* (caminhão especial para a movimentação de cargas), 5 empilhadeiras *Reach Stacker* (utilizadas na movimentação de contêineres cheios em curta distância principalmente para as vistorias), 4 empilhadeiras para vazios, 2 *scanners* (funciona como uma espécie de raio-x, permitindo visualizar o que tem dentro de um contêiner) e 2,1 mil tomadas *reefers* (mantém a temperatura das cargas refrigeradas e/ou congeladas).

Para a empresa, minimizar o impacto das operações sobre o meio ambiente é uma meta contínua. Segundo o relatório de sustentabilidade do Terminal (2019), o consumo de energia direta, representado pela soma da energia elétrica e dos combustíveis utilizados, totalizou 39,9 GWh em 2019 – um acréscimo de 16% em relação a 2018. Contribui para o reduzido consumo de combustíveis fósseis a eletrificação dos 18 transtêineres do Terminal, alimentados com energia elétrica e não, com geradores a diesel.

Além da importância econômica, grandes empresas trazem consigo o compromisso ambiental, ganhando maior visibilidade no mercado e destaque, conseqüentemente, pelo comprometimento sustentável. Isto é, buscam inovação em tecnologia para usar cada vez menos os recursos não renováveis, como por exemplo, a geração de energia elétrica, a partir de energia eólica, mecânica e solar. Estes motivos justificam a empresa a estudar a viabilidade de implantação de uso de energias renováveis para substituir e/ou diminuir o consumo de energia elétrica.

Diante deste contexto, o objetivo geral do presente artigo é realizar um estudo referente aos tipos de energias renováveis possíveis para utilização em um Terminal Portuário, visando o retorno financeiro e sustentável do projeto. Elencou-se como objetivos específicos: i) analisar as necessidades do Terminal Portuário para implantação de um projeto de energia renovável; ii) identificar as opções de energias

renováveis disponíveis no mercado para o segmento portuário; e iii) evidenciar as opções de energias renováveis disponíveis no mercado que mais se adequem ao Terminal Portuário.

O problema levantado para o desenvolvimento da pesquisa foi: qual a importância das empresas adotarem energias limpas, como fonte de capacidade produtiva, conseqüentemente, substituindo e/ou diminuindo o uso das fontes não renováveis no dia a dia? O fato é que nesse contexto as empresas se tornam mais competitivas, visto que o uso de uma tecnologia limpa, não poluente, é mais atrativo, reduzindo custos e possibilitando o retorno financeiro esperado.

Para realmente responder à pergunta levantada e atingir os objetivos, utilizou-se uma abordagem qualitativa, dispondo do método dedutivo, pesquisa documental e pesquisa

semiestruturadas. O procedimento técnico utilizado foi de pesquisa-ação. Foram levantados os principais tipos de energia renovável que mais se adequam à necessidade da companhia e pesquisadas soluções disponíveis no mercado para atender a demanda da empresa. Autores como Pipe (2015) e Zilles *et al.* (2012), dentre tantos outros, contribuíram significativamente para o desenvolvimento da temática.

Como resultado são apresentados os pontos fortes e fracos de cada projeto analisado e a opção mais vantajosa para a construção de uma usina fotovoltaica, que, neste caso, é o da cidade de Bom Jesus da Lapa (BA), em virtude deste local possuir maior irradiação solar e apresentar o menor custo de investimento em uma usina em solo remoto.

## 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com o Project Management Institute – PMI (2004, p. 5), “um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Desta forma, entende-se que todo e qualquer projeto tem um início e um final definidos de forma singular (cada projeto é único).

O termo projeto em instalações elétricas significa escolher, mensurar e encontrar da melhor forma os componentes e equipamentos fundamentais para realizar a passagem da energia, de forma segura (SAMED, 2017).

Para Negrisoni (2017), a energia elétrica tornou-se primordial para o progresso de uma sociedade. Assim, a energia na forma de energia elétrica facilita o seu transporte, sua transformação e seu rápido aproveitamento.

Cervelin e Cavalin (2008), afirmam que a instalação elétrica precisa ser realizada com o início de um projeto elétrico. Este, por sua vez, é o espelho da instalação, é a reprodução que demonstra antecipadamente todos os detalhes daquela instalação.

O projeto de instalações elétricas deve analisar alguns quesitos, como a quantificação, a estrutura básica da instalação, a escolha e o dimensionamento dos componentes das especificações, a estimativa e o cronograma da obra, quando for solicitado (SAMED, 2017).

Cotrim (2009) descreve as etapas de um projeto de instalações elétricas da seguinte forma:

Análise inicial: é a etapa preliminar, por meio dela são colhidos os dados básicos para realizar o projeto. A segunda etapa é o fornecimento de energia normal, que determina as condições de como o local será alimentado com a energia elétrica.

Na terceira etapa, a quantificação da instalação determina as potências instaladas e as potências da instalação como um todo, e de todos os setores e subsetores a serem considerados.

A quarta etapa é o esquema básico da instalação, é o esquema unifilar inicial.

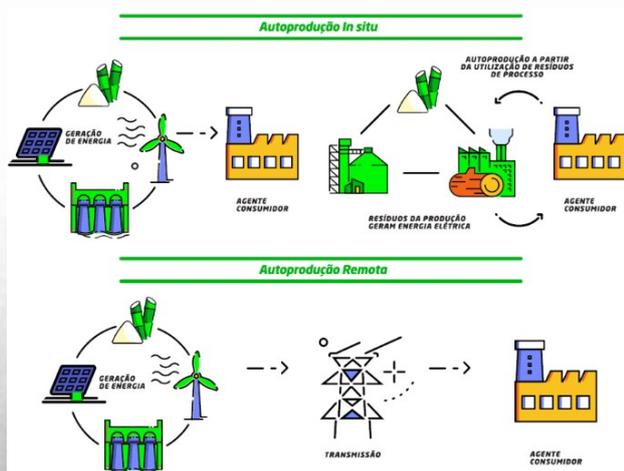
A quinta etapa do projeto é a seleção e dimensionamento dos componentes: entradas; subestações de distribuição; linhas elétricas relativas aos diversos circuitos de distribuição; quadros de distribuição; aterramentos de proteção e/ou funcionais; sistema de proteção contra descargas atmosféricas; cálculos de curto-circuito; revisão final.

Já na sexta etapa, as especificações e contagem dos componentes especificam, contam e descrevem todos os componentes da instalação.

A Comerc Energia (2020), explica que autoprodução de energia pode ocorrer a partir de qualquer fonte de energia (com vantagens adicionais para renováveis, como eólica ou solar) e de duas formas diferentes, ilustradas na Figura 1:

1. Autoprodução contígua (*in situ* ou dentro da cerca): ocorre quando a geração e o consumo se dão ao mesmo local físico – 77% de representatividade. “Aqui, parte da energia não passa pelo medidor e não há uso do sistema de distribuição ou Sistema Interligado Nacional (SIN) para transportar a eletricidade” (COMERC ENERGIA, 2020, on-line);
2. Autoprodução remota (ou fora da cerca): ocorre quando “o autoconsumo remoto é caracterizado quando a usina está em local diferente do ponto de consumo. Nesse caso, o autoprodutor utiliza as redes do SIN” (COMERC ENERGIA, 2020, on-line).

Figura 01 – Formas de autoprodução de energia



Fonte: Comerc Energia (2020, on-line).

O consumidor que muda para o regime de autoprodução, com fontes renováveis, tem redução na incidência de alguns encargos setoriais. Os encargos setoriais incluem: “[...] Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), e a Conta Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia) nas parcelas, em R\$/MWh, das Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) e das Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST)” (MEGAWHAT, c2022, on-line). Ainda, Encargo de Energia de Reserva (EER), Encargo de Serviços do Sistema – Segurança Energética (ESS-SE).

Além disso, não carecem de processos artificiais que acabam prejudicando o meio ambiente. Outro fator importante é que as fontes renováveis (autoprodução) são consideradas energia inesgotável, uma vez que ela se renova constantemente. Diante disso, é possível afirmar que a autoprodução contribui para a obtenção da eficiência energética.

## 1.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia – ABESCO (2020), eficiência energética é a capacidade de aprimorar o uso das fontes de energia. Essa utilização de forma racional se constitui da relação entre a quantidade de energia empregada versus a disponibilizada para sua utilização.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (2009, p. 3), as companhias que “[...] investem em projetos de eficiência energética podem economizar recursos, ganhar competitividade e amenizar a pressão sobre o aumento da oferta de energia”.

Segundo Braga *et al.* (2005), existe outro desafio técnico além da questão da gestão e do controle do consumo: a eficiência da utilização das fontes de energia. O critério que qualifica o grau de eficiência é a razão de energia líquida (REL), determinada por:

$$REL = \frac{\text{Energia obtida}}{\text{Energia gasta na produção}}$$

Para o autor, quanto maior for o resultado da REL, maior é a eficiência na utilização da fonte aplicada. No entanto, se o valor for menor que um, significa que há uma perda de energia líquida ao longo da vida útil do sistema.

Menkes (2004) descreve que o setor energético se tornou muito visado, uma vez que os projetos de grande porte causaram efeitos negativos à população e ao meio ambiente, pelo desperdício e pela ineficiência de sua produção e de uso, intrínseca ao setor.

A submissão de fontes de energia externas é uma realidade e cabe aos governos e empresas mudarem este paradigma, acreditando na eficiência, segurança e fiabilidade do abastecimento (GUERREIRO, 2009).

A eficiência energética tem como propósito corroborar com a importância e a viabilidade econômica de melhoria do serviço com o menor gasto de energia, incentivando o desenvolvimento de novas tecnologias e, conseqüentemente, gerando novos hábitos conscientes de uso da energia elétrica.

### 1.3 ENERGIA SOLAR

É fato que o sol é a principal fonte natural de energia. Garcez e Garcez (2010, p. 6), afirmam que cerca de 30% da radiação solar é refletida de volta para o espaço, 50% é absorvida (atmosfera, superfície terrestre e oceanos) e convertida em calor e os 20% são absorvidos por elementos da atmosfera, principalmente as moléculas de água.

Pipe (2015) relata que a quantidade de energia solar (por minuto) que chega à Terra é maior do que a energia de combustíveis fósseis. Além disso, a energia é limpa e renovável.

Para Koloszuk, Sauaia e Meyer (2019, online),

a tecnologia solar fotovoltaica evoluiu de forma significativa na última década: avanços importantes no processo de manufatura, novos recordes de eficiência dos módulos fotovoltaicos e o barateamento dos equipamentos tornaram a eletricidade do sol cada vez mais acessível a todas as camadas da população.

A conversão da energia oriunda do sol em eletricidade, por meio de células fotovoltaicas é denominado efeito fotovoltaico. Este efeito acontece em certos materiais semicondutores que têm a habilidade de absorver a energia contida nos fótons (partícula de luz radiante) presentes na radiação luminosa, transformando-a em eletricidade. A incorporação da energia por meio desses materiais quebra as ligações químicas entre as moléculas atuantes em suas estruturas. Sendo assim, as cargas elétricas são liberadas e podem ser aproveitadas para a execução do trabalho. O efeito fotovoltaico é um atributo físico intrínseco ao material que constitui os dispositivos de conversão fotovoltaica (ZILLES *et al.*, 2012).

A célula fotovoltaica é um dispositivo elétrico que transforma a energia do sol em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. O processo ocorre no que chamamos de célula, esta baseia-se na união de duas camadas semicondutoras, sendo uma delas, carregada positivamente e a outra, negativamente, assim, cria-se um campo elétrico entre elas.

Zilles *et al.* (2012, p. 16) descrevem que “os semicondutores utilizados nos dispositivos de conversão fotovoltaica são compostos de elementos capazes de absorver a energia da radiação solar e transferir parte dessa energia para elétrons, produzindo [assim], pares de portadores de carga (elétrons e lacunas)”.

O semicondutor mais utilizado é o silício, e na maioria dos sistemas fotovoltaicos instalados em residências, indústrias ou até mesmo nas usinas fotovoltaicas, utilizam painéis solares com células de silício cristalizado, principalmente o policristalino. O policristalino consiste em cristais de silício unidos em blocos, a partir da criação de múltiplos cristais. Já o monocristalino possui uma cor uniforme, apontando a alta pureza do silício, apresentando os cantos normalmente arredondados e desenvolvendo maior eficiência.

Os materiais utilizados para fabricar dispositivos com essa finalidade são escolhidos levando em conta a equivalência de suas características de absorção com o espectro solar, além do custo de fabricação e os impactos ambientais causados na deposição do material. Os elementos semicondutores mais utilizados na indústria de dispositivos de conversão fotovoltaica são: silício

(Si) monocristalino, policristalino e amorfo; arseneto de gálio (GaAs); disseleneto de cobre e índio (CuInSe<sub>2</sub>); disseleneto de cobre, gálio e índio (CuInGaSe<sub>2</sub>); e telureto de cádmio (CdTe) (ZILLES *et al.*, 2012, p. 16).

Barros, Sauaia e Koloszuk (2019, on-line) explicam que “o mito de que a energia solar fotovoltaica era cara já caiu por terra. Atualmente, a fonte já apresenta um dos preços mais competitivos para a geração de energia limpa e renovável no mercado elétrico brasileiro, [...]”.

Outro fator de extrema relevância para implantação da usina fotovoltaica é contribuição para a ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), visto que um projeto desse porte engloba diversos objetivos, desde a energia limpa e acessível (objetivo 7), passando pelo consumo e produção responsáveis (objetivo 12), indo de encontro à indústria, inovação e infraestrutura (objetivo 9), além de gerar empregos para a cidade local. Segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (2021), as empresas que se comprometerem a melhorar seus indicadores de sustentabilidade terão redução na taxa de juros nos financiamentos (destinação livre).

### 1.3.1 Vantagens

São inúmeras as vantagens quanto aos benefícios da instalação e utilização da energia solar, desde os ganhos financeiros e retorno de investimento, quanto à manutenção e à resistência do sistema produzindo uma geração silenciosa.

O rápido retorno do investimento fica entre 3 a 5 anos, e dependendo da região, os descontos e isenções em impostos, como os tributos ICMS da energia solar, além do PIS/COFINS já são oferecidos em níveis estaduais e federal para todos que geram sua própria energia solar. A imunidade contra a inflação energética protege os consumidores sobre os aumentos da energia elétrica.

A manutenção é outro fator importante a se destacar, pois a longa vida útil da tecnologia é de aproximadamente 25 anos para os módulos e de 15 ou mais para os inversores, além disso,

há pouca manutenção, sendo a limpeza dos módulos a mais necessária, porém apenas em lugares muito secos e com acúmulo de poeira. A manutenção elétrica também é necessária, mas apenas uma ou duas vezes por ano.

Outra vantagem a se destacar é a geração da tecnologia totalmente silenciosa, com resistência a intempéries, afinal, a fabricação das placas solares é realizada com as mais altas medidas de segurança, evitando danos ou riscos para o sistema e o imóvel (BLUE SOL..., 2019).

### 1.3.2 Desvantagens

“Quanto às desvantagens, a maior objeção é com relação a compra da tecnologia, que se encontra inacessível para algumas camadas da população que não tem conhecimento sobre linhas de financiamento de energia solar a baixo custo” (BLUE SOL..., 2019, on-line).

### 1.3.3 Os maiores elementos que compõem uma usina fotovoltaica

Segundo Goetzberger e Hoffmann (2005), os elementos mais importantes em uma usina fotovoltaica são:

- Painel Fotovoltaico - componente mais confiável do sistema fotovoltaico. Atualmente, a maioria dos fabricantes dá uma garantia de vinte a vinte e cinco anos para os painéis. Após esse período, os fornecedores garantem uma potência de 80% da potência nominal.
- Inversor Solar - são usados para converter a corrente elétrica contínua gerada nos painéis e armazenada nas baterias em alternada dentro de um sistema fotovoltaico, sendo assim, eles têm o papel de adaptadores de energia.
- Materiais de instalação - os cabos, conectores e outros materiais fazem a direção da corrente elétrica entre os painéis e os inversores. É muito importante saber selecionar o tipo e tamanho do cabo, pois depende do

método de instalação e da temperatura ambiente máxima esperada. O material usado para o isolamento desses cabos e fios deve ser classificado como auto extingüível e, se forem colocados ao ar livre, também devem ser resistentes à radiação ultravioleta e às intempéries. Entre o gerador fotovoltaico e o inversor, um disjuntor deve ser instalado de forma que a saída possa ser desativada se o trabalho de manutenção no inversor tiver que ser feito.

O uso da *string box* - componente de proteção da parte que utiliza corrente contínua do sistema fotovoltaico - tem a finalidade de conectar os cabos vindos dos módulos fotovoltaicos ao inversor, enquanto fornece proteção contra sobre tensão e sobrecorrente e permite o seccionamento do circuito (VINTURINI, 2019).

## 2.4 ENERGIA EÓLICA

Para Rodrigues (2011), a energia eólica é decorrente da radiação solar, tendo em vista que os ventos são formados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre.

Pipe (2015, p. 10) relata que “de toda a energia do Sol que atinge a Terra, apenas 2% transformam-se em vento. Mas isso ainda é uma quantidade enorme de energia”. O Centro de referência... (2008, p. 5) menciona que “os ventos que sopram em escala global e aqueles que se manifestam em pequena escala são influenciados por diferentes aspectos entre os quais destacam-se a altura, a rugosidade, os obstáculos e o relevo”.

A energia eólica atualmente é vista como uma das mais promissoras fontes de energia renováveis, uma vez que é reconhecida por uma tecnologia madura respaldada principalmente na Europa e nos EUA (CASTRO, 2009).

“O mercado de energia eólica é o que ostenta o maior potencial de crescimento dentre as chamadas fontes alternativas de energia, a uma taxa média anual de 40% no mundo” (URSAIA; GUERRA; YOUSSEF, 2011, p. 19). No Brasil, especialmente na região do Nordeste, o “[...] maior regime de ventos ocorre quando há

baixa precipitação de chuva”. Além do mais, é nessa região que se encontra o maior potencial eólico brasileira (URSAIA; GUERRA; YOUSSEF, 2011, p. 19).

A energia eólica pode ajudar a fornecer uma saída para os problemas de energias no mundo. Todavia, ele alerta que não é confiável, uma vez que em determinados dias pode não haver ventos (PIPE, 2015).

Um sistema eólico é formado por vários componentes que devem trabalhar em equilíbrio, de forma a assegurar um maior rendimento final (RODRIGUES, 2011). Pipe (2015) explica o funcionamento de uma turbina da seguinte forma: as pás da turbina capturam a energia do vento e começam a se movimentar (elas estão presas ao centro). O centro gira um eixo de rotação lenta. Esse eixo está ligado a uma caixa de câmbio que faz com que outro eixo, o de saída, gire com muito mais velocidade. O eixo de saída, por sua vez, está conectado ao gerador que transforma a energia da rotação em eletricidade, a partir de eletroímãs. A eletricidade percorre os cabos elétricos até um transformador, que está ligado à rede de energia, conforme figura 02:

Figura 02 – Funcionamento de uma turbina



Fonte: Pipe (2015, p. 13).

De acordo com Pinho *et al.* (2008, p. 114), a versatilidade e a modularidade estão entre as principais vantagens de sistemas eólicos. Versatilidade, por serem utilizados em inúmeras aplicações, de sistemas isolados para atendimento de carga específica (iluminação, bombeamento de água), a sistemas interligados à rede com o objetivo de compor sistemas de geração distribuída. Modularidade, pelo fato de o sistema de geração poder ser rapidamente acrescido para se adequar a situações como aumento de carga, possibilidade de aumento de receita, no caso de sistemas interligados, entre outros. Essas modificações podem prever a entrada em operação de outros

aerogeradores, ou ainda a inserção de outras fontes, formando um sistema híbrido de geração de energia.

## 2.5 ENERGIA MECÂNICA

Nos dias atuais, muitos estudiosos têm interesse em possíveis soluções de energia elétrica alternativa. Muitos se concentram na utilização de energia renovável, para preservar outras fontes de energias esgotáveis (RANGEL, 2014).

De acordo com Silva (2018), o caminhar, ou mesmo a movimentação de um carro e/ou caminhão sobre o asfalto, é uma colisão mecânica sobre o solo decorrente da pressão relativa ao peso e velocidade relativa à aplicação desta pressão sobre a superfície.

Mota (2019) descreve que, quando se procuram alternativas sustentáveis de geração de energia, que não dependam do sistema natural, o pavimento passa a ser considerado. Ele é notado como ponto de encontro de pessoas e veículos, uma área ideal para a geração de energia renovável, tendo como variável dependente apenas o movimento habitual acima da estrutura, possibilitando a conversão da energia mecânica dissipada em energia elétrica, por meio da piezoelectricidade.

Para os autores Perlingeiro, Pimenta e Silva (2016, p. 14), a “[...] piezoelectricidade é a capacidade de alguns materiais gerarem tensão elétrica quando sofrem um esforço mecânico. O termo “piezo” é derivado da palavra grega que significa pressão”.

“Para gerar energia, o equipamento precisa de pressão intermitente, essa energia é gerada pelo veículo ao passar sobre uma placa cerâmica embutida no asfalto. Essa força [aplicada] provoca uma deformação mecânica [...]”, sendo assim, os veículos impulsionam o material para produzir energia elétrica (SOUZA; BERLIM, 2013, p. 5).

De acordo com Padilha (2000, p. 284), “os materiais piezoelétricos são materiais dielétricos nos quais a polarização pode ser induzida pela aplicação de forças (tensões) externas”. Para o autor, “quando uma força é aplicada em um material piezoelétrico, um campo elétrico é

gerado”, alterando o sinal da força à direção do campo, que será alterada (PADILHA, 2000, p. 285).

Rangel (2014) escreve que um dos tipos de materiais mais utilizados para converter as vibrações mecânicas em uma forma utilizável de energia elétrica é a cerâmica de titanato zirconato de chumbo (PZT). Mas, o PZT é frágil, expondo restrições às deformações. Como alternativa para as aplicações onde o componente piezoelétrico esteja exposto a grandes deformações, cientistas têm desenvolvido elementos piezoelétricos poliméricos, proporcionando grande poder de flexão. Segundo Padilha (2000, p. 285),

os materiais piezoelétricos são utilizados como transdutores, que são componentes que convertem energia elétrica em deformação mecânica e vice-versa. [...] Os principais materiais piezoelétricos são: quartzo, titanato de bário, titanato de chumbo e zirconato de chumbo ( $PbZrO_3$ ).

Dentre os diversos tipos de materiais (piezoelétricos), “[...] o PZT é um dos mais eficientes e pode converter até 80% da energia mecânica em [energia] elétrica” (ARMENDANI *et al.*, 2016, p. 4).

### 1.5.1 Vantagens

Bezerra Júnior (2015, p. 48) descreve algumas vantagens trazidas pelo PZT “[...] para função de sensoriamento elétrico como: boa sensibilidade, peso reduzido, baixo custo de produção e instalação, exatidão, menores riscos de operação para equipamentos e operadores, linearidade na utilização de medidas de altas e baixas correntes”.

### 1.5.2 Desvantagens

De acordo com Armendani (2016, p. 5), as principais desvantagens são:

- envelhecimento natural e acelerado pelas condições de uso.
- instabilidade das propriedades em função de variações de temperatura.
- limites de excitações elétricos e mecânicas, sendo a temperatura e suas variações as principais protagonistas destas limitações.

Ainda se apresentam como elementos frágeis, além de não possuírem um sistema de armazenamento da energia gerada.

## 2 METODOLOGIA

Este artigo consiste em uma pesquisa realizada com base no método dedutivo, tendo como característica a abordagem qualitativa.

A pesquisa documental foi o primeiro passo para a investigação (*internet*, documentos e entrevista informal com o engenheiro eletricitista responsável). A partir de dados sobre o consumo de energia elétrica do Terminal e pesquisa semiestruturada com o engenheiro eletricitista responsável, buscou-se novas interpretações ou mesmo interpretações complementares que ainda não foram observadas de forma analítica, que representam uma rica fonte de dados e favorecem à observação do processo de maturação. Logo em seguida, foi realizada a pesquisa bibliográfica, tendo em vista que são utilizados estudos científicos que analisam o objeto de estudo.

O procedimento técnico utilizado foi de pesquisa-ação, uma vez que o estudo é baseado em dados concretos, que procuram resolver um problema. Nessa investigação, o pesquisador não é apenas um observador, ele também desempenha uma função importante, participando ativamente e cooperando com os outros (MASCARENHAS, 2012).

A coleta de dados foi realizada no primeiro semestre de 2021, por meio de pesquisas semiestruturadas e pesquisas de empresas fornecedoras de equipamentos para geração de energia.

O retorno financeiro foi analisado por meio do método *payback*, que é o cálculo que determina o tempo que levará para o investimento inicial “se pagar” (GITMAN; ZUTTER, 2017).

## 3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.1 FATORES RELEVANTES PARA INSTALAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA

A energia solar no Brasil está em crescente ascensão. Esse crescimento acentuado é reflexo de fatores determinantes para a instalação do investimento.

Dentre esses fatores está a economia nos gastos, o retorno do investimento em prazo satisfatório. A pouca manutenção e a proteção contra a inflação energética são outros fatores relevantes.

A durabilidade do sistema fotovoltaico é de aproximadamente 25 anos, sendo assim, a longo prazo, o investimento apresenta um ganho significativo, pois se a durabilidade for de 25 anos (aproximadamente) e o retorno em 10 anos, tem-se, então, 15 anos de ganhos em geração de energia a custo zero.

A responsabilidade ambiental é um fator fundamental na instalação desse empreendimento, afinal, é uma energia totalmente limpa e inesgotável, reduzindo a necessidade de utilização de usinas hidrelétricas e termelétricas, que são invasivas ao meio ambiente.

O autoconsumo remoto e a distribuição compartilhada são fatores primordiais quando se trata de investir em uma usina fotovoltaica. Esse dinamismo que permite gerar energia em um local e consumir em outro (com exceção do estado de Roraima que não está integrado no Sistema Interligado Nacional – SIN) é determinante neste caso.

Para a atual demanda de energia elétrica, torna-se viável a construção de uma usina fotovoltaica.

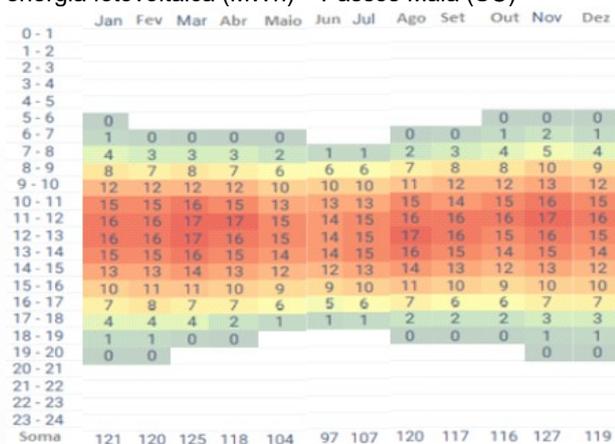
### 3.2 LOCALIDADES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA

Em busca de melhores aproveitamentos energéticos, foram selecionadas três localidades, levando em consideração a infraestrutura, os índices de irradiação e o valor do investimento.

A primeira hipótese de implantação da usina fotovoltaica é no Noroeste de Santa Catarina, mais precisamente na cidade de Passos Maia. A estimativa calculada foi de 42.260 GWh por ano.

A inclinação ideal dos painéis fotovoltaicos projetados para chegar nesse montante consumido, seria de 26°, e a sua capacidade instalada de 27.000 kWp quilowatt pico – “[...] significa o máximo de energia produzida em condições ideais, sendo medido por meio da potência de um painel fotovoltaico quando subordinado às disposições padronizadas” (PORTAL SOLAR, c2014-2021, on-line)). A irradiação normal direta é de 1.742 kWh/m<sup>2</sup> por ano. Os Gráficos 1 e 2 apontam os perfis dos horários médios x produção total de energia fotovoltaica (MWh) e os perfis dos horários médios x irradiação normal direta:

Gráfico 01 – Perfis horários médios x Produção total de energia fotovoltaica (MWh) – Passos Maia (SC)



Fonte: Global Solar Atlas *apud* Enerdata... (2021).

Os momentos de maior produção são indicados no gráfico, proporcionalmente nas cores mais quentes. O gráfico mostra que os meses de maior produção de energia fotovoltaica são estações mais quentes (primavera/verão), e os horários mais produtivos ficam entre 10h e 14h. Já os picos de maior

produção ficam entre 11h e 13h (a cidade de Passos Maia possui um clima com temperaturas amenas, com temperatura média de 16 graus).

Gráfico 02 – Perfis horários médios x Irradiação normal direta (Wh/m<sup>2</sup>) – Passos Maia (SC)



Fonte: Global Solar Atlas *apud* Enerdata... (2021).

O gráfico acima mostra que os meses de maiores irradiações, ocorrendo de forma normal direta, é compreendida no período de novembro e agosto. Novembro, por ser primavera, tem o dia mais longo comparado ao mês de agosto (inverno); no gráfico pode-se observar que o mesmo inicia a produção a partir das 5h, finalizando às 19h. Entretanto, é no mês de agosto que os maiores picos de concentração de energia solar são produzidos, com médias da ordem de 600 Wh/m<sup>2</sup>.

O valor orçado para a construção desse empreendimento seria de aproximadamente R\$ 95.410.065,12 (considerando apenas o valor da usina).

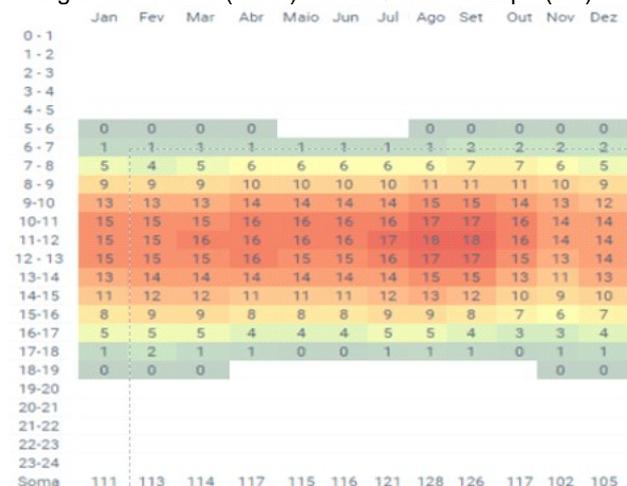
A segunda hipótese de instalação seria a instalação da usina solar na localidade de Bom Jesus da Lapa, no estado da Bahia, onde está instalada a quinta maior usina fotovoltaica do Brasil. A estimativa calculada foi de 42.132 GWh por ano.

O ângulo ideal para a instalação dos painéis é de 17° e a sua capacidade instalada é de 23800 kWp. A irradiação normal direta é de 2.268 kWh/m<sup>2</sup> por ano.

Com um dos maiores índices de irradiação solar do Brasil, e pela infraestrutura que a cidade oferece, Bom Jesus da Lapa seria o local ideal para a instalação deste projeto, uma vez que necessitaria de menos equipamentos para

instalação (devido ao elevado índice de irradiação), menor terreno e o menor custo da instalação da ordem de aproximadamente R\$ 86.109.265,24 (considerando apenas o valor da usina). A seguir, os Gráficos 3 e 4 trazem os perfis dos horários médios x produção total de energia fotovoltaica (MWh) e os perfis dos horários médios x irradiação normal direta:

Gráfico 03 – Perfis horários médios x Produção total de energia fotovoltaica (MWh) – Bom Jesus da Lapa (BA)



Fonte: Global Solar Atlas *apud* Enerdata... (2021).

O gráfico mostra que os melhores horários para a produção de energia fotovoltaica ficam entre 10h e 14h. Além disso, os meses com maior aproveitamento de produção de energia são agosto e setembro. No entanto, vale ressaltar que os meses mais produtivos são na estação do inverno.

O verão, que por sua vez, é a época mais quente do ano, não é tão produtivo comparado às estações com temperaturas mais amenas (outono e inverno).

Gráfico 04 – Perfis horários médios x Irradiação normal direta (Wh/m²) – Bom Jesus da Lapa (BA)



Fonte: Global Solar Atlas *apud* Enerdata... (2021).

A radiação solar que passa diretamente por meio da atmosfera até a superfície terrestre é chamada de irradiação normal direta. O Gráfico 4 mostra que os meses de maiores irradiações de forma normal direta é no período de agosto e julho. Isso significa que a quantidade de radiação solar recebida no inverno é superior às demais estações, pois a energia é produzida pela radiação solar direta e não pela temperatura.

A terceira hipótese considerada foi na cidade local da empresa, Navegantes/SC. O orçamento foi de uma usina em solo remoto, no montante de R\$ 101,4 milhões, com o custo da energia de R\$ 155,90 MWh (custo de energia pago pela empresa no mercado livre em outubro de 2020).

Navegantes não possui um alto índice de irradiação, sendo assim, o terreno para a implantação teria que ser maior que as outras localidades sugeridas, uma vez que serão necessários mais equipamentos para produzir a capacidade desejada.

Outro ponto levantado foi produzir energia solar *in loco*, utilizando os telhados das estruturas atuais: armazém, anfiteatro e oficina, que representam aproximadamente 6.000 m². Essa geração de energia teria a capacidade em torno de 118 MWh/mês, com um valor de investimento de R\$ 3.993.158,82. Importante ressaltar que a estrutura atual (com exceção o anfiteatro) não suportaria o peso do equipamento instalado, desta forma, seriam necessárias execuções de reforços na estrutura para receber os componentes de instalação. O anfiteatro foi analisado de forma individual, devido a sua estrutura suportar os painéis, e o mesmo teria capacidade produtiva de 13.750 kWh/mês, gerando uma economia mensal de R\$ 3.850,00. O valor do investimento, neste caso, é de aproximadamente R\$ 566.672,00, e o retorno do investimento feito, seria de 11 anos.

### 3.3 CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

Considerando um custo médio mensal (2021/1) de 1,68 milhões em energia elétrica (CELESC e Comerc/Engie), a figura abaixo

mostra o financiamento de 100% do valor do investimento para a cidade de Passos Maia.

Figura 03 – Passos Maia (SC) – Financiando 100% da usina em solo

ESTIMATIVA DO VALOR DA PARCELA - CONSIDERANDO OS JUROS MAIS BAIXOS ENCONTRADOS NO MERCADO - FINANCIANDO 100%									
NÚMERO DE PARCELAS	24	36	48	60	72	84	96	108	120
VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06
VALOR DA ENTRADA (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VALOR DO FINANCIAMENTO (R\$)	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06	92.812.983,06
TAXA DE JUROS AO MÊS (custo efetivo)	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%
PAGAMENTOS MENSIS (R\$)	R\$4.163.896,91	R\$2.874.290,21	R\$2.231.144,65	R\$1.846.578,79	R\$1.591.297,68	R\$1.409.888,30	R\$1.274.643,29	R\$1.170.169,02	R\$1.087.228,68

Fonte: Enerdata... (2021).

Na figura 3 é possível observar que o investimento levaria um pouco mais de 10 anos para se pagar, tendo em vista, que os custos fixos de distribuição da CELESC seriam mantidos.

Analisando o financiamento ao longo dos 10 anos, a empresa desembolsaria um valor mensal de aproximadamente R\$ 165.000,00, mas economizaria ao longo da vida útil do projeto, algo em torno de 146 milhões, conforme apresentado na Figura 4:

Figura 04 – Simulação da economia do investimento (120 meses) considerando a média das faturas das empresas CELESC e Comerc/Engie no primeiro semestre de 2021 – Passos Maia

Vida útil do equipamento - 300 meses						
Descrição	Meses	Valor gasto (média/mês) Comerc/Engie	Custo fixo - CELESC	Valor do financiamento	Economia mês	Economia (Por Período de Tempo)
Financiamento	120	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	R\$ 1.087.228,68	-R\$ 164.597,35*1	-R\$ 19.751.682,20*1
Pós financiamento	180	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	-	R\$ 922.631,33*1	R\$ 166.073.639,10*1
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>R\$ 922.631,33</b>	<b>R\$ 755.480,69</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 922.631,33*1</b>	<b>R\$ 146.321.956,90*1</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

\*1 Considerar os valores sem o custo de manutenção e sem os reajustes nos valores da energia (dentro outras correções).

No entanto, caso a empresa opte por um financiamento menor e com valores mensais um pouco mais elevados, é possível ter uma economia ainda maior, conforme Figura 5.

Figura 05 – Simulação da economia do investimento (108 meses) considerando a média das faturas das empresas CELESC e Comerc/Engie no primeiro semestre de 2021 – Passos Maia

Vida útil do equipamento - 300 meses						
Descrição	Meses	Valor gasto (média/mês) Comerc/Engie	Custo fixo - CELESC	Valor do financiamento	Economia mês	Economia (Por Período de Tempo)
Financiamento	108	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	R\$ 1.170.169,02	-R\$ 247.537,69*1	-R\$ 26.734.070,70*1
Pós financiamento	192	R\$ 922.631,33*1	R\$ 755.480,69	-	R\$ 922.631,33*1	R\$ 177.145.215,04*1
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>R\$ 922.631,33</b>	<b>R\$ 755.480,69</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 922.631,33*1</b>	<b>R\$ 150.411.144,34*1</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

\*1 Considerar os valores sem o custo de manutenção e sem os reajustes nos valores da energia (dentro outras correções).

Nesta simulação, é possível verificar que a empresa pagaria aproximadamente o valor mensal de R\$ 248 mil, entretanto, a longo prazo, economizaria em torno de R\$ 150 milhões.

Na Figura 6 temos uma estimativa de financiamento ao longo dos 10 anos. Pode-se observar que o retorno do investimento demandaria um período de tempo maior, de aproximadamente 11,4 anos (137 meses).

Figura 06 – Bom Jesus da Lapa (BA) – Financiando 100% da usina em solo

ESTIMATIVA DO VALOR DA PARCELA - CONSIDERANDO OS JUROS MAIS BAIXOS ENCONTRADOS NO MERCADO - FINANCIANDO 100%									
NÚMERO DE PARCELAS	24	36	48	60	72	84	96	108	120
VALOR TOTAL DO INVESTIMENTO	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24
VALOR DA ENTRADA (R\$)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VALOR DO FINANCIAMENTO (R\$)	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24	86.109.265,24
TAXA DE JUROS AO MÊS (custo efetivo)	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%	0,60%
PAGAMENTOS MENSAIS (R\$)	R\$3.863.145,99	R\$2.666.685,30	R\$2.069.993,01	R\$1.713.203,66	R\$1.476.361,06	R\$1.308.054,55	R\$1.182.578,06	R\$1.085.649,78	R\$1.008.700,07

Fonte: Enerdata... (2021).

Para o investimento com um prazo de pagamento de 10 anos, a empresa teria um “custo” mensal de R\$ 86 mil e uma produção de energia com custo de produção zero, durante 15 anos. Assim, a economia gerada seria de aproximadamente R\$ 155,7 milhões (ao longo dos 25 anos). No entanto, analisando o investimento para 9 anos, o Terminal desembolsaria, por mês, o montante de R\$ 163 mil e uma produção de energia a custo de produção zero, durante 16 anos, isto geraria uma economia de R\$ 159,5 milhões, conforme Figura 7:

Figura 07 – Simulação da economia do investimento considerando a média das faturas das empresas CELESC e Comerc/Engie no primeiro semestre de 2021 – Bom Jesus da Lapa

Vida útil do equipamento - 300 meses						
Descrição	Meses	Valor gasto (média/mês) Comerc/Engie	Custo fixo - CELESC	Valor do financiamento	Economia mês	Economia (Por Período de Tempo)
Financiamento	120	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	R\$ 1.008.700,07	-R\$ 86.068,74* <sup>1</sup>	-R\$ 10.328.249,00* <sup>1</sup>
Pós financiamento	180	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	-	R\$ 922.631,33* <sup>1</sup>	R\$ 166.073.639,10* <sup>1</sup>
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>R\$ 922.631,33</b>	<b>R\$ 755.480,69</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 922.631,33*<sup>1</sup></b>	<b>R\$ 155.745.390,10*<sup>1</sup></b>
Descrição	Meses	Valor gasto (média/mês) Comerc/Engie	Custo fixo - CELESC	Valor do financiamento	Economia mês	Economia (Por Período de Tempo)
Financiamento	108	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	R\$ 1.085.649,78	-R\$ 163.018,45* <sup>1</sup>	-R\$ 17.605.992,78* <sup>1</sup>
Pós financiamento	192	R\$ 922.631,33	R\$ 755.480,69	-	R\$ 922.631,33* <sup>1</sup>	R\$ 177.145.215,04* <sup>1</sup>
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>R\$ 922.631,33</b>	<b>R\$ 755.480,69</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 922.631,33*<sup>1</sup></b>	<b>R\$ 159.539.222,26*<sup>1</sup></b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

\*<sup>1</sup> Considerar os valores sem o custo de manutenção e sem os reajustes nos valores da energia (dentre outras correções).

Na Figura 8 os dados são sobre o projeto em solo remoto, pois a empresa não teria terreno vazio *in loco* para abrigar uma usina deste porte e nem estrutura para instalar uma usina em telhado (tendo em vista que os equipamentos requerem uma maior área de estrutura de telhado para atender a demanda, além dos custos de reforço estrutural). O retorno do investimento seria, neste caso, de aproximadamente 11,16 anos.

Figura 08 – Navegantes (SC) – Financiando 100% – Considerando apenas o consumo/custo com a Comerc

Cálculos			
	PROJETO EM TELHADO	PROJETO EM SOLO LOCAL	PROJETO EM SOLO REMOTO
INVESTIMENTO TOTAL	R\$ 109,4 milhões	R\$ 96 milhões	R\$ 101,4 milhões
ECONOMIA MENSAL	R\$ 867,0 mil	R\$ 875,8 mil	R\$ 757,3 mil
PAYBACK	10,51 anos	9,13 anos	11,16 anos

Fonte: Comerc Energia (2020).

Este estudo foi realizado considerando a demanda contratada, proporcional à potência instalada, e o custo da energia negociada no mercado livre de energia em outubro de 2020.

Atualmente, o Terminal Portuário se concentra em duas fontes de distribuição da comercialização de energia elétrica: a primeira, da forma mais comum, que é por meio da empresa CELESC, e a segunda, que até o presente momento é a mais vantajosa, ocorre por meio da compra de energia elétrica no mercado livre de energia (Comerc/Engie). A segunda opção para a Empresa “X” é mais vantajosa, pois a elevada demanda permite adquirir energia elétrica com um valor mais competitivo e atrativo no mercado.

A empresa apresenta uma demanda média atual de 3,5 GWh mês de energia elétrica, consumo este que se faz analisar possíveis fontes de energias renováveis para reduzir o valor gasto mensalmente com energia, e conseqüentemente, contribuir de forma sustentável com a sociedade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de auxiliar a empresa, foram pesquisadas opções de energia renovável que mais se adequariam à demanda do Terminal Portuário, visando o retorno financeiro e sustentável do projeto. Para tanto, foram analisadas as necessidades da empresa e, conseqüentemente, identificada e evidenciada qual energia renovável poderia ser utilizada para suprir o consumo do Terminal.

Por meio de pesquisas, foi possível identificar que a energia que mais se enquadraria nos quesitos custo x benefício é a energia solar. Através do site Global Solar Atlas foram realizadas pesquisas para encontrar a melhor localização de um possível projeto de instalação de uma usina fotovoltaica, analisando e comparando quais regiões teriam maior aproveitamento energético, menor custo de implantação e melhor infraestrutura para suportar a energia produzida. Diante das possíveis localidades de implantação, foram realizados orçamentos para analisar a viabilidade do projeto.

Foram orçadas algumas possibilidades para suprir a demanda e/ou diminuir o consumo atualmente do Terminal. Das possibilidades pesquisadas, foram analisadas as cidades de Passos Maia no Noroeste de Santa Catarina, com a estimativa calculada de 42.260 GWh por ano e, com o valor orçado de aproximadamente R\$ 95.410.065,12 (considerar apenas o valor da usina). A segunda possibilidade foi a localidade de Bom Jesus da Lapa, no estado da Bahia, cuja estimativa calculada foi de 42.132 GWh por ano, com o custo da instalação mais atrativa de

aproximadamente R\$ 86.109.265,24 (considerar apenas o valor da usina). A terceira hipótese considerada foi na cidade local da empresa, Navegantes/SC. O orçamento foi de uma usina em solo remoto, no montante de R\$ 101,4 milhões, entretanto esse estudo foi realizado em outubro de 2020, quando o custo da energia era menor que o atual. Além disso, foi analisada a opção de realizar apenas o projeto em telhado, no entanto não seria rentável, uma vez que o mesmo não teria estrutura para suportar o projeto (haveria gastos com reforços estruturais com exceção do anfiteatro) e também produziria uma minúscula parte da energia necessária para o consumo do Terminal, sendo assim, não seria rentável.

Outro fator importante e decisivo para a implantação de um projeto desse porte é a sustentabilidade. A empresa possui diversas certificações internacionais e também é parceira da ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável). Assim, um projeto dessa magnitude a colocaria numa condição consolidada de destaque, tendo em vista a repercussão que isso proporcionaria, uma vez que no Brasil não há um Terminal Portuário que produz 100% de sua energia e, o mais importante, deixaria de lançar na atmosfera aproximadamente, 2.674,1 tCO<sub>2</sub>, ao longo do ano ou 66.852,5 tCO<sub>2</sub>, ao longo da “vida útil” do projeto.

Diante do exposto, conclui-se que a melhor opção de investimento em energia renovável para suprir a necessidade, e de forma sustentável para a companhia, seria a

construção de uma usina fotovoltaica na localidade de Bom Jesus da Lapa (BA). Entretanto, sugere-se que novos estudos (contábil, tributação, análise do terreno, entre outros) devem ser realizados para assegurar a tomada de decisão.

Como sugestão e contribuição para a empresa, indica-se à companhia, a realização

de parcerias/investimentos com instituições de ensino, em laboratórios tecnológicos, para realizar pesquisas e buscar metodologias que possam ser aplicadas no Terminal Portuário e, até mesmo, na sociedade. Estas parcerias podem ocorrer por meio de doações e, futuramente, abatidas no Imposto de Renda.

## REFERÊNCIAS

ARMENDANI, Willian Alves *et. al.* Conhecendo a Piezoelectricidade, uma nova forma de geração de energia elétrica. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, ano 1, v. 9. p. 314-320, out./nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (ABESCO). **O que é Eficiência Energética? (EE)**. São Paulo, ABESCO, 2020. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acesso em: 13 set. 2020.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **BNDES vai cobrar juro menor de empresa que reduzir emissões ou aumentar iniciativas sociais**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/impr/ensa/noticias/conteudo/bndes-vai-cobrar-juro-menor-de-empresa-que-reduzir-emissoes-ou-aumentar-iniciativas-sociais>. Acesso em: 18 set. 2021.

BARROS, R.; SAUAIA, R.; KOLOSZUK, R. **Perspectivas para a geração centralizada solar fotovoltaica no Brasil**. São Paulo, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), publicado em 17 jun. 2019.

BEZERRA JÚNIOR, M. H. **Estudo de aplicabilidade de uma cerâmica PZT como sensor de correntes para monitoramento de linha de transmissão de energia**. Orientador: Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes. 2015, 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE, Fortaleza, 2015.

BLUE SOL ENERGIA SOLAR. **O guia mais absurdamente completo da energia solar fotovoltaica**: entenda tudo!. Publicado em: 30 abr. 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>. Acesso em: 26 set. 2020.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CASTRO, R. M.G. **Energias renováveis e produção descentralizada**: introdução à energia eólica. 4. ed. Lisboa: [s.n.], 2009.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). **Energia eólica**: princípios e tecnologias. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008.

CERVELIN, S.; CAVALIN G. **Curso técnico em eletrotécnica, módulo 1, livro 5**: instalações elétricas prediais: teoria & prática. Curitiba: Base Livros Didáticos, 2008.

COMERC ENERGIA. **O que é autoprodução de energia?** São Paulo, 01 set. 2020. Disponível em: <https://panorama.comerc.com.br/blog/o-que-e-autoproducao-de-energia/>. Acesso em: 15 set. 2020.

COMERC ENERGIA [Carolina Souza]. **Você sabe quanto investir em energia solar?** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: [jadao@portonave.com.br](mailto:jadao@portonave.com.br), 15 out. 2020. (payback)

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI); ELETROBRÁS; PROCEL INDÚSTRIA. **Eficiência Energética na Indústria**: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional. Brasília: CNI, 2009.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

ENERDATA ENGENHARIA E COMÉRCIO LTDA. **[GSA\_Report\_Bom Jesus da Lapa; GSA\_Report\_Passos Maia; Proposta Técnico Comercial WEG\_ENERDATA\_Portonave\_1.125MWp\_Predio Administrativo; Proposta Técnico Comercial WEG\_ENERDATA\_Portonave\_23,83MWp\_SOLO\_BomJesusdaLapa\_Bahia; Proposta Técnico Comercial WEG\_ENERDATA\_Portonave\_27000kWp\_SOLO\_**

**NoroesteCatarinense**. WhatsApp: [empresa]. 25 mar. 2021. 23:21-23:22. 5 mensagens WhatsApp.

GARCEZ, L.; GARCEZ, C. **Energia**. São Paulo: Callis, 2010.

GITMAN, L. J.; ZUTTER, C. J. **Princípios de Administração Financeira**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2017.

GOETZBERGER, A.; HOFFMANN, V. U. **Photovoltaic Solar Energy Generation**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

GUERREIRO, R. F. **Eficiência Energética na Administração do Porto de Sines**. Orientador: João Joanaz de Melo. 2009. 158 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais) - Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Lisboa, 2009.

KOLOSZUK, R.; SAUAIA, R., MEYER, R. **Os guerreiros da geração distribuída solar fotovoltaica**. São Paulo: Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), publicado em 21 ago. 2019.

MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MEGAWHAT. **Autoprodutor de Energia**. c2022. Disponível em: <https://megawhat.energy/verbetes/69702/autoprodutor-de-energia>. Acesso em: 21 mar. 2021

MENKES, M. **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. Orientador: Marcel Bursztyn. 2004. 277 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília-DF, 2004.

MOTA, B. C. **O pavimento como instrumento de geração de energia para o desenvolvimento sustentável de cidades inteligentes**. Orientador: Suelly Helena de Araújo Barroso. 2019, 103 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2019.

NEGRISOLI, M. E. M. **Instalações elétricas: projetos prediais em baixa tensão**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

PADILHA, A. F. **Materiais de engenharia: microestrutura e propriedades**. Curitiba: Hemus, 2000.

PERLINGEIRO, A. R.; PIMENTA, G. M.; SILVA, S. E. da. **Geração de energia através de materiais**

**piezoelétricos**. Orientador: Luciana Loureiro da Silva Monteiro. 2016. 61 p. Projeto final (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, Rio de Janeiro, 2016.

PINHO, J. T. *et al.*; BARRETO, E. J. F. (coord.). **Sistemas híbridos: soluções energéticas para a Amazônia**. Revisor Técnico: Roberto Zilles. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

PIPE, J. **Energia Eólica**. São Paulo: Callis, 2015.

PMI – Project Management Institute, Inc. **Um guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos** (Guia PMBOK). 3. ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2004.

PORTAL SOLAR. **Como converter KWP em KWH?** São Paulo, c2014-2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/fale-conosco.html>. Acesso em: 21 mar. 2021.

RANGEL, R. F. **Caracterização de uma célula tubular piezoelétrica para geração de energia elétrica**. Orientador: Cícero da Rocha Souto. 2014. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2014.

RODRIGUES, P. R. **Energias renováveis: energia eólica**. Palhoça: Unisul, 2011.

SAMED, M. M. A. **Fundamentos de instalações elétricas**. Curitiba: InterSaberes, 2017.

SILVA, R. P. da. Piezoelectricidade como fonte de energia alternativa. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, ano MMXVIII, n.º 000121, 06 abr. 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/piezoelectricidade-como-fonte-de-energia-alternativa>. Acesso em: 12 out. 2020.

SOUZA, F. A. B. A. de; BERLIM, L. G. Sustentabilidade aplicada à logística de transporte terrestre e estudo da aplicação da energia piezoelétrica no Brasil. *In*: IX CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 9., 20, 21 e 22 de junho de 2013., Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, [s.n.], 2013.

URSAIA, G. C.; GUERRA, J. B. S. O. de A.; YOUSSEF, Y. A. **As energias renováveis no Brasil: entre o mercado e a universidade**. Palhoça: Unisul, 2011.

VINTURINI, M. **Entenda as especificações básicas dos componentes da string box**. Canal Solar, São Paulo, 22 set. 2019. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/entenda-as-especificacoes-basicas-string-box/#:~:text=A%20string%20box%20%C3%A9%20>

,permite%20o%20  
seccionamento%20do%20circuito. Acesso em: 21  
mar. 2021.

ZILLES, R. *et al.* **Sistemas Fotovoltaicos  
Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina  
de Textos, 2012.