

Análise de viabilidade econômica para a instalação de um sistema de energia solar no município de Rondonópolis

No presente trabalho realizou-se um estudo sobre a viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de energia, via painéis solares em uma residência no município de Rondonópolis no interior do estado de Mato Grosso, com consumo médio de energia elétrica de 325,75 kW/mês. Para atingir objetivos do estudo, realizou o orçamento do sistema fotovoltaico através do Simulador Eletrônico Portal Solar, bem como dos respectivos gastos incrementais de manutenção durante 25 anos por um total de R\$ 19.910,67. Observou-se por meio do método de fluxo de caixa, o retorno no 66º mês, o sistema apresentou-se viável quando considerado, o valor presente líquido positivo e a taxa interna de retorno superior a taxa mínima de atratividade de aplicação financeira no período de estudo. Conclui-se que o sistema de geração de energia fotovoltaica é uma oportunidade de investimento que pode gerar benefícios a longo prazo.

Palavras-chave: Fotovoltaica; Geração de energia elétrica; Viabilidade econômica.

Economic feasibility analysis for the installation of a solar energy system in the municipality of Rondonópolis

The current work analyzed the cost-benefit relationship of implementing the photovoltaic system in a residence in Rondonópolis. Thus, in this work, a study was carried out on the economic feasibility of installing a photovoltaic system connected to the energy network via solar panels in a residence in the municipality of Rondonópolis in the interior of the state of Mato Grosso, with an average consumption of electricity of 325, 75 kWh/month. The budget for the photovoltaic system was made through the Electronic Simulator Portal Solar, plus the maintenance value for 25 years for a total of R\$ 19.910,67 (all installed equipment, functions). At the end of the study, even though the returns had a positive cash flow, returning in the 66th month, the project became viable because it reached declared values, such as a positive NPV and the internal rate of return is greater than the minimum rate of attractiveness. of a financial application. It is possible to verify that the generation system, through the installation of the photovoltaic energy system, is an investment opportunity that can generate long-term benefits.

Keywords: Solar energy; Electricity generation; Economic viability.

Contabilidade Ambiental

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **21/02/2023**

Approved: **20/05/2023**

Calebe Zanatto Fernandes

Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9486670713223394>
ebelac23@gmail.com

Aguinaldo Gomes Rocha

Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6802765669050156>
aguinaldogomes@ufmt.br



DOI: 10.6008/CBPC2674-6441.2023.001.0001

Referencing this:

FERNANDES, C. Z.; ROCHA, A. G.. Análise de viabilidade econômica para a instalação de um sistema de energia solar no município de Rondonópolis. **Naturae**, v.5, n.1, p.1-15, 2023. DOI:
<http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6441.2023.001.0001>

INTRODUÇÃO

Em meio a crises energéticas pelo mundo, a energia solar tem se destacado em substituição a fontes de energias não renováveis como o petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear, por ter como fonte renovável a luz solar e contribuir com o meio ambiente não produzindo componentes químicos que agridem os ecossistemas. Com o aumento dos custos da conta de energia elétrica devidos maior custo na produção e atrelada a isso o aumento dos impostos pagos, uma alternativa com finalidade de se ter uma fonte de geração de energia independente e gerando economia e até mesmo lucro o projeto de implantação de uma unidade geradora de energia solar fotovoltaica é bastante atrativa.

A adoção de sistemas fotovoltaicos para geração de eletricidade corresponde à redução dos custos com energia elétrica proveniente da adoção de energia solar. O trabalho atual propõe o reconhecimento dos ganhos da implementação do Sistema fotovoltaico por parte dos consumidores.

A norma brasileira referente à geração distribuída de energia elétrica reflete o forte *lobby* das empresas distribuidoras, cuja estratégia de negócios valoriza muito mais a venda do que a compra de energia. De acordo com a norma vigente, a pessoa jurídica pode gerar e vender energia injetada no sistema, mas uma pessoa física só pode obter créditos, para abater de seu consumo.

Em razão disso, pretende-se responder à seguinte indagação: Qual o benefício econômico gerado pela redução dos gastos com energia elétrica pela implantação de sistemas fotovoltaicos para geração de eletricidade?

Portanto, a atual pesquisa tem como objetivo geral: Analisar a viabilidade econômica por meio do valor monetário economizar no gasto com energia elétrica por parte do consumidor pela utilização de sistema fotovoltaico na geração de eletricidade. Nesse contexto este estudo tem como finalidade a análise econômica de um projeto de geração de energia solar por meio de placas fotovoltaicas em uma residência no município de Rondonópolis no interior do estado de Mato Grosso.

Para alcançar os objetivos foram calculados o Payback, TIR (Taxa de Retorno do Investimento) e VPL (Valor Presente Líquido), para analisar a viabilidade econômica deste sistema fotovoltaico em um imóvel residencial.

REFERENCIAL TEÓRICO

Origem e conceito da energia fotovoltaica

O termo "fotovoltaica" vem do grego (Phos), que significa "luz", e "volt", a unidade de força eletromotriz, que por sua vez vem do sobrenome do físico italiano Alessandro Volta, inventor da pilha. O termo "fotovoltaica" tem sido usado em inglês desde 1849 (PORTAL SOLAR, 2022). O físico francês, Edmond Becquerel em 1839, através de experimento prático, observou que no momento que duas placas de latão eram imersas em uma solução de eletrólito líquido quando em contato com a luz solar reagem gerando eletricidade, esse fenômeno ficou conhecido como efeito fotovoltaico (MACHADO et al., 2015).

A geração de energia através do efeito fotovoltaico utilizando a luz solar, utilizam placas solares que quando a luz solar (fótons) incide na placa, os elétrons do material semicondutor começam a se movimentar gerando eletricidade. Através do tempo, as células fotovoltaicas vem sendo desenvolvidas e cada vez mais aumentando sua eficiência de geração de energia elétrica, os materiais utilizados para sua fabricação são uma combinação de semicondutores como Silício (Si) Monocristalino, Silício (si) Policristalino, Arseneto de Gálio (GaAs) e Filmes finos.

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores, esse fenômeno é conhecido como efeito fotovoltaico (PINHO, 2012).

A classificação dos sistemas fotovoltaicos é dividida em duas formas de distribuição: sistemas isolados (Off Grid) que não tem conexão com as redes de distribuição, utilizando de baterias para armazenamento de energia elétrica, e os sistemas conectados (On Grid) geração de energia conectados ao sistema nacional.

Energia elétrica no Brasil

Um dos desafios é a oferta energética no país que pode trazer impacto em todos os níveis e na sociedade como um todo. A falta de energia nos dias de hoje pode ter algumas consequências no desenvolvimento do país, reduzindo sua capacidade produtiva, além de afetar outros setores sociais que precisam desse recurso para o pleno funcionamento.

A matriz energética do Brasil, em 2020, é composta de diversas fontes geradoras como a hidráulica, gás natural, derivados de petróleo, nuclear, eólica, biomassa, carvão e derivados conforme dados do relatório BEN 2021 (Balanço Energético Nacional), realizado pelo EPE (Empresa de Pesquisa Energética). A maior participação de geração de energia elétrica em 2020 provém das usinas hidrelétricas que corresponde a 62,5% do total, seguida pela biomassa 9,0% e eólica 9% dentre outras fontes.

Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (2022), o Brasil consumiu 64.736 megawatts médios em 2021, volume 4,1% maior em comparação ao ano anterior. Para a organização, este resultado é consequência da recuperação da economia brasileira, fortemente prejudicada pela pandemia de COVID-19 em 2020, principalmente ao longo do primeiro semestre. Essa situação provocou o aumento da utilização das usinas termelétricas devido ao aumento do consumo de energia e a diminuição da geração advinda da produção das usinas hidrelétricas que a CCEE divulgou 2021 houve uma diminuição de 8,8% em relação ao ano anterior, e junto a isso o crescimento de fontes alternativas como a solar e eólica cresceram significativamente com elevação de 29,4% e 27,1% respectivamente.

O custo de geração de energia elétrica aumentou e consequentemente o valor foi passado ao consumidor desde o início da pandemia da covid 19 em 2020, de acordo com a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o aumento médio em 2020 foi de 3,25%, 7,04% em 2021 e com previsões de chegar a 21,04% em 2022. Esse aumento também vem através das bandeiras tarifárias taxa extra que é adicionada a conta de energia para custear o aumento do acionamento das usinas térmicas, que são acionadas com a

baixa dos reservatórios de águas que diminui o potencial de geração de energia hidrelétrica, estas usinas térmicas, que tem o custo bem mais elevado do que as hidrelétricas.

Geração, distribuição e consumo de energia solar no Brasil

A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), estima que a geração de energia solar no ano de 2021 terá um acréscimo de 5,09 GW em potência instalada, de energia solar fotovoltaica no Brasil. Analisando os dados, interpreta-se que será um aumento de 68% em relação ao ano de 2020, portanto, tendo em vista o crescimento da energia fotovoltaica no Brasil, outras fontes energéticas tiveram um recuo de produção de cerca de 10%, como as Hidrelétricas e Biomassa.

A distribuição de energia elétrica solar no Brasil, é realizada pela Geração Distribuída (GD), sendo a maior fonte de capacidade instalada no país. Em 2021 o Brasil se encontra na lista dos 15 maiores países em geração de energia solar, dentro da capacidade total de 6,6 GW instalados de geração solar distribuída, foram instalados em 2020(2,6 GW) e 2021 (1,5 GW), dados divulgados pela ANEEL.

O Marco legal da Microgeração e Minigeração Distribuída foi sancionado no início do ano de 2022 na Lei 14.300/22, onde regulamenta as modalidades de geração, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS).

Nessa lei determina que os consumidores que fazem parte da Geração Distribuída de energia, paguem pela tarifa de uso do Sistema de distribuição (Tusd) do “fio B “, que pagam as distribuidoras. Os créditos gerados pelos sistemas de GD deixam de ser abatidos sobre essa parcela da conta de energia.

A quantidade de unidades de Geração Distribuída de energia solar teve um crescimento nos últimos anos, e ultrapassou a barreira de 19 milhão de unidades em 2022 com a própria geração de energia solar fotovoltaica, segundo a ABSOLAR em (2022).

A energia solar fotovoltaica reduz o custo de energia elétrica da população, aumenta a competitividade das empresas e desafoga o orçamento do poder público, beneficiando pequenos, médios e grandes consumidores do país.

Segundo ABSOLAR (2022):

Embora tenha avançado nos últimos anos, o Brasil detentor de um dos melhores recursos solares do planeta continua com um mercado solar ainda pequeno e muito aquém de seu potencial. Há mais de 89 milhões de consumidores de energia elétrica no país, porém menos de 1% faz uso do sol para produzir eletricidade.

Sistemas fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos têm como principais equipamentos os painéis solares que transformam a luz solar em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico e o inversor solar, que inverte a corrente elétrica contínua gerada no painel solar em corrente alternada para que possa ser armazenada, distribuída e consumida (PORTAL SOLAR, 2022). A geração de energia solar fotovoltaica é composta de três tipos de sistemas:

Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR): conhecido também como Sistema On-grid, é um sistema de geração fotovoltaico, que produz energia elétrica renovável através do sol, conectado à rede

elétrica da concessionária do consumidor. Esse sistema é composto por módulos solares, inversores interativos, estruturas de fixação dos módulos e os componentes elétricos de proteção do sistema. Caso a energia gerada seja superior a consumir, o excedente será exportado para a rede de distribuição da concessionária gerando crédito energético, que serve para abater o valor da energia consumida pela unidade geradora ou outra em que esteja cadastrada para este fim, sendo a concessionária a mesma, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica (ROSA, 2017).

Sistema Fotovoltaico Não Conectado à Rede (SFNCR): chamado popularmente por Sistema Off-Grid, é um sistema de geração de energia solar, porém não conectado à rede, mas a um banco de baterias para armazenamento de energia, o sistema deve alimentar os equipamentos de forma constante, para isso é utilizado um controlador de carga. O sistema Off-Grid é composto basicamente por módulos solares ligados a um controlador de cargas, conectado a um banco de baterias e posteriormente a um inversor de corrente. Toda a energia gerada é consumida pela unidade geradora, porém devido a geração de energia não ser ininterrupta devido não ter luz solar a noite, o controlador faz esse gerenciamento para que não haja falta de energia (BLUE SOL ENERGIA SOLAR, 2019).

Sistema Fotovoltaico Híbrido: é o sistema fotovoltaico que possibilita a operação tanto da forma off-grid como a on-grid, a junção desses dois sistemas forma o sistema híbrido. Através desse sistema a geração de energia solar, pode ser conectada à rede de distribuição e a um banco de baterias, que suprir eventuais faltas de energia recebida da concessionária e ser usada até mesmo a noite onde não a geração de energia, ideal a locais onde a necessidade energética é 24 horas ininterrupta (FOCUS ENERGIA PARA A VIDA, 2021).

Sendo assim o sistema fotovoltaico é composto por esses sistemas de geração fotovoltaica, que podem ser implantados praticamente em qualquer localidade, para geração, desde que tenha os requisitos mínimos para a geração. Portando essa tecnologia de geração de energia limpa (sem impactos ambientais), vem sendo utilizado por diversos consumidores em todo país, por contribuir para preservação do meio ambiente e por poder suprir e diminuir os gastos com as concessionárias de energia.

Método de Payback

A utilização do Payback analisa os dados de um investimento, para quando o mesmo, se pagará e poderá ter ganhos efetivos no futuro. Abreu Filho (2007) diz: “O critério consiste em somar os valores dos benefícios obtidos pela operação do projeto. O período Payback é o tempo necessário para que esses benefícios totalizem o valor do investimento feito.”

Os valores dos benefícios de sistema de energia solar é o volume de geração de créditos energéticos produzidos pelo sistema, sendo dividido em duas partes: a primeira parte o volume gerado e simultaneamente consumido, já a segunda parte compreende o excesso gerado e não utilizado, este volume é injetado no sistema de distribuição para compensação do consumo pela unidade quando não geração ou quando o volume gerado é inferior ao produzido. Assim, o retorno do investimento pode ser mensurado através do tempo em que já foi pago (PORTAL SOLAR, 2022).

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento inicial total}}{\text{Entrada de caixa no período}}$$

Imagem 1: Fórmula do Payback. **Fonte:** SILVA et al. (2015).

Existem dois tipos de Payback sendo eles: Payback descontado, é um indicador utilizado em um investimento para avaliar o tempo de retorno do capital utilizado, bem como os riscos e a viabilidade de um investimento. Difere-se do Payback simples por descontar o custo de capital nos fluxos de caixa, ou seja, os valores das entradas e saídas são baseados no tempo presente (ABREU, 2018).

O Payback verifica: “quanto tempo o investidor precisa esperar até que os fluxos de caixa acumulados dos projetos igualem ou superem o investimento inicial?”. O Payback responde essa pergunta, e no estudo em específico a análise de viabilidade econômica, analisa se demora muito tempo, ou não, para ter energia elétrica sem “custos” (CAVALCANTE, 2016).

Esse método de cálculo mostra uma análise de visão geral, com diversas limitações. Ele não considera a correção monetária, riscos ao projeto ou financiamento. Porém é vantajoso por ser de fácil compreensão e estudo, e possibilita estudo de viabilidade de forma rápida e prática (LIMA, 2016, citado por CAVALCANTE, 2016).

Método de VPL

O Valor Presente Líquido ou também como é chamado de Valor Líquido Atual, é um método que consiste em trazer para a data zero todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento e somá-los ao valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa ou projeto. O VPL é um dos métodos mais conhecidos quando o assunto é análise da viabilidade de projetos de investimento. Com o cálculo do Valor Presente Líquido é possível fazer os ajustes, descontando as taxas de juros para obter a verdadeira noção do valor do dinheiro no futuro (CAMARGO, 2017). Abreu Filho (2007) diz:

VPL é simplesmente a diferença entre o valor presente do projeto e o custo do projeto na data atual. VPL positivo significa que o projeto vale mais do que custa, ou seja, é lucrativo. VPL negativo significa que o projeto custa mais do que vale, ou seja, se for implementado, trará prejuízo.

Observe-se que um VPL positivo de um investimento, é um indicador que o projeto pode dar prosseguimento em sua implantação, pois se pagará dentro do tempo estipulado pelo Payback e trará lucros para quem fez o investimento do capital. O VPL negativo, leva o investidor a abortar o projeto, pois ele não conseguirá pagar o capital investido trazendo prejuízo ao investidor.

O conceito definido do VPL por Bona (2017), é uma métrica com a finalidade de calcular o valor presente de vários pagamentos consecutivos ao longo do tempo no futuro, prevendo uma taxa de custo de capital. A grande necessidade desse cálculo é devida o dinheiro a receber no futuro não ter o mesmo valor do valor atual, conclui-se que o VPL busca em trazer todos os fluxos de caixa de um investimento para o presente, somando este ao capital inicial investido, sendo assim uma avaliação para a viabilidade econômica.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}, \text{ onde:}$$

FC_t : Fluxo de caixa no período t

i : taxa de desconto

t : período

Imagem 2: Fórmula do Valor Presente Líquido. **Fonte:** SILVA et al. (2015).

Método de Taxa Interna de Retorno

Taxa Interna de Retorno (TIR), é um método para a análise da viabilidade de projetos de investimentos. A TIR a taxa de desconto que deve ter um fluxo de caixa para que seu valor presente líquido (VPL), se iguale a zero. Segundo Gitman (2010):

Taxa interna de retorno (TIR) é uma técnica sofisticada de orçamento de capital; é a taxa de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a zero (isso porque o valor presente das entradas de caixa iguala-se ao investimento inicial). É a taxa de retorno anual composta que a empresa obterá, se aplicar recursos em um projeto e receber as entradas de caixa previstas.

A TIR é utilizada para verificar a qualidade de um investimento, se o investidor deve ou não investir seu capital, podendo ser utilizada para calcular a desvalorização do dinheiro devido a inflação, podendo aplicar este capital também a investimentos financeiros que talvez possam ser mais vantajosos que investir em um projeto, como no caso o Tesouro Direto, que no ano de 2022 está rentabilizando 11,75% ao ano.

$$TIR = (VPL = 0) = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}, \text{ onde:}$$

FC_t : Fluxo de caixa no período t

$VPL = 0$

t : período

Imagem 3: Fórmula da Taxa Interna de Retorno. **Fonte:** SILVA et al. (2015).

Fontes de Energia Elétrica e os Impactos ao Meio Ambiente

As fontes de obtenção energia elétrica e sua manipulação para geração de energia, podem trazer malefícios ao meio ambiente, muitas dessas fontes não são renováveis e demoram milhares de anos para se renovarem, causando um impacto ambiental devastador. Os combustíveis fósseis são matérias-primas encontradas na natureza utilizados nas usinas termelétricas e tem emissão de gases poluentes, que contribuem com o aquecimento global, problemas de saúde, poluição etc.

As usinas nucleares trazem grandes riscos de contaminação para o ambiente e podem causar grandes acidentes nucleares, como em Chernobyl em 1986, onde seus efeitos radioativos têm impactos até os dias atuais. A biomassa é obtida pela emissão de gases de grande teor de combustão das matérias orgânicas, utilizadas pelas usinas semelhantes às termelétricas, causando gases tóxicos e poluentes.

A obtenção de energia proveniente forças das águas são muito utilizadas no Brasil, as hidrelétricas apesar de não causar emissão de gases e poluição das águas, trazem impacto ambiental em sua construção pelas represas, onde se acumulam milhares de litros de águas que inundam um terreno matando ecossistemas e obrigando populações se deslocarem. A utilização dos ventos para a geração de energia eólica, vem crescendo bastante no Brasil, causando poucos danos ao meio ambiente, apenas poluição visuais, sonoras e a morte de aves por colisão com as turbinas.

Outra geração de energia elétrica renovável de poucos impactos ambientais é a energia solar, para sua geração são necessários vários painéis fotovoltaicos, e o único impacto ambiental é sua fabricação e a reciclagem desses materiais (MOOVE ENERGIA SOLAR, 2019).

Conclui-se assim, que até o presente momento não tem uma fonte de geração de energia elétrica viável sem impactos ambientais, contudo a ciência está sempre em busca de aumentar a produtividade de energia e reduzir os problemas ambientais, além de diversos acordos internacionais, como Estocolmo em 1972, COP 3, o protocolo de Kyoto e o Rio+20 em 2012 são alguns exemplos.

METODOLOGIA

O presente estudo utiliza a pesquisa aplicada de tipologia explicativa, que segundo Andrade (2007), "além de registrar, analisar e interpretar os fenômenos estudados procura identificar seus fatores determinantes, ou seja, suas causas". O estudo tem por finalidade a realização de uma análise de um investimento, em um projeto através da pesquisa de contabilização de custos, e por meio desta, tem por objetivo analisar viabilidade do investimento do capital na instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica, portanto classifica a metodologia em estudo de caso.

Na concepção de Yin (2001), "o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos". Mediante ao estudo de caso, busca demonstrar a viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia solar em uma residência no município de Rondonópolis.

A abordagem do estudo é qualitativa, pois através da pesquisa verifica-se o resultado será de proveito ou prejuízo, auxiliando na tomada de decisão do projeto. No seu livro que aborda a pesquisa de marketing, Malhorta (2001) dá a definição da pesquisa qualitativa como "metodologia de pesquisa não estruturada, exploratória, baseada em pequenas amostras, que proporciona insights e compreensão do contexto do problema".

A escolha da residência, considerou os gastos com energia elétrica, as condições favoráveis à instalação do sistema de energia solar. No primeiro instante foi realizado o levantamento dos dados relacionados ao consumo de energia elétrica na unidade consumidora localizada no bairro Jardim Europa, município de Rondonópolis no estado de Mato Grosso, com os respectivos valores pagos pelo serviço de fornecimento da conta dos últimos dois semestres pela concessionária de energia elétrica.

Foi incluído também na pesquisa os dados referentes a fatura do último mês de consumo total de KWh colocados em uma tabela, com o valor da tarifa (incluso o imposto) por KWh vigente e o valor total da

fatura de serviço. Posteriormente foi realizada a simulação do investimento através do portal eletrônico Portal Solar com finalidade de ter o valor total a ser investido no projeto de instalação do sistema fotovoltaico conectado à rede, para geração de energia solar, sendo verificados requisitos técnicos e econômicos. O portal foi escolhido devido a sua confiabilidade e por ser um dos maiores do setor no país, sendo o valor calculado muito próximo ao custo real do sistema instalado.

Foram aplicados como métodos de análise da viabilidade do projeto e para auxílio na tomada de decisão o Payback, o VPL e a TIR. Finalizando o trabalho, os resultados sobre a viabilidade de custo da instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica da pesquisa foram apresentados, tendo por resultado a (Aprovação/Reprovação) do projeto através dos métodos utilizados.

DISCUSSÃO

Características de consumo da residência em estudo

A residência em análise de custos do investimento para a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica, contém 6 moradores com um consumo médio mensal de energia elétrica de 325,75 Kwh/mês levando em consideração os últimos 12 meses (maio de 2021 a abril de 2022), e com um custo médio mensal de R\$300,0 no último semestre (novembro de 2021 a abril de 2022). Para a análise de custos, deve-se considerar os últimos seis meses, devido ao aumento no valor da tarifa cobrada pela concessionária que é responsável pelo fornecimento de energia elétrica para esta residência, esses valores são mais condizentes com um cenário futuro de gastos.

Devido a esses aumentos, a iniciativa para a redução de custos com energia elétrica vê-se cada vez mais presente na vida de cada consumidor, seja ele industrial, empresarial, rural ou residencial. No âmbito do mercado residencial, a oportunidade de investir para diminuição de gastos é a utilização da mini ou microgeração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos, mesmo com alto valor a curto prazo pode se tornar atrativo com o passar do tempo.

Gasto do Consumidor com Energia Elétrica

Para o início deste estudo é necessário localizar alguns dados com objetivo de obter um ângulo de visão sobre os consumos e os valores gastos com a utilização do fornecimento de energia elétrica. Sendo assim os dados levantados foram obtidos através do boleto de pagamento do consumidor, com as informações mensais dos últimos 12 meses (maio de 2021 a abril de 2022) emitidas pela Energisa, conforme a tabela 1.

Na tabela 1, pode observar-se as oscilações dos dados, como o consumo que teve aumento, se comparar a média dos últimos 12 meses (325,75 Kwh/mês), com o mês inicial maio de 2021 (313 Kwh/mês), elevação no consumo de 3,91% no período. O valor do Kwh com os impostos, apresentou acréscimo no período analisado, obtendo um valor médio 9,73%, comparação do primeiro e último mês analisado, porém

seu valor de maior diferença é o comparativo entre os meses de agosto de 2021 e janeiro de 2022, onde teve um acréscimo no valor do Kwh cobrado em 26,60%.

Tabela 1: Dados de consumo e custo com energia elétrica da residência em estudo.

MÊS	CONSUMO KWH/MÊS	VALOR KWH (COM IMPOSTO)	CONTA CUSTO/ MÊS
Maio 2021	313	0,9913	315,72
Junho 2021	392	0,9684	404,78
Julho 2021	281	0,9387	299,32
Agosto 2021	322	0,8835	364,43
Setembro 2021	351	0,9507	369,18
Outubro 2021	333	0,9795	326,17
Novembro 2021	371	1,0083	367,92
Dezembro 2021	337	1,0140	332,32
Janeiro 2022	306	1,2037	254,21
Fevereiro 2022	266	1,1506	231,18
Março 2022	307	1,1651	263,48
Abril 2022	330	1,0982	300,83
MÉDIA	325,75	1,0203	319,12

Fonte: Dados da conta de energia elétrica do consumidor emitido pela empresa concessionária.

Foi incluído também na tabela acima o cálculo da média do consumo de Kwh/mês sendo o resultado 325,75 kwh/mês, cálculo da média do valor do Kwh incluído o imposto com resultado de a cada um Kwh valor de 1,0203 reais em média, e do cálculo do valor da média paga pelo consumidor dos gastos com energia elétrica no valor de R\$ 319,12 mensais.

Através do gráfico 1 abaixo, pode-se observar que o valor do Kwh incluso o imposto, no período entre maio de 2021 e abril de 2022 em que foram analisados os dados, teve tendência de aumento, refletindo ao consumidor maior gastos com a energia elétrica. No gráfico 2, tem o demonstrativo do consumo de Kwh/mês, e extraí dele que apesar de ter muitas mudanças entre os meses, houve um significativo aumento no consumo de energia elétrica, contribuindo para o aumento do valor da fatura paga pelo consumidor.

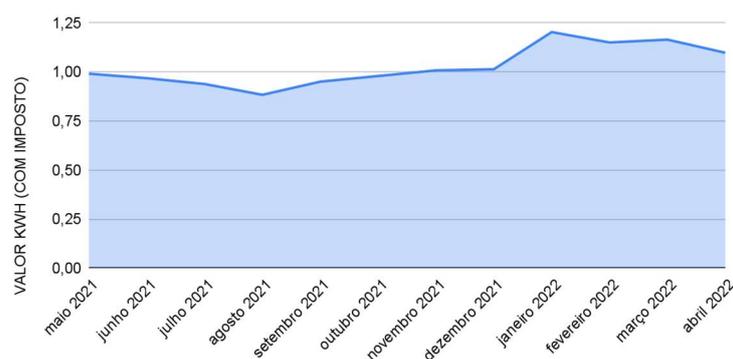


Gráfico 1: Dados dos valores cobrados por Kwh incluso imposto por mês.

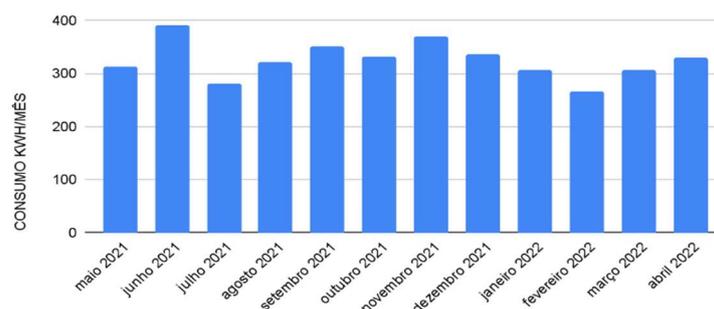


Gráfico 2: Dados do consumo de Kwh/mês.

Contudo, para o estudo em questão, como ferramenta de análise do investimento de cálculo foi utilizado, a média dos últimos 12 meses, devido à grande oscilação dos valores, que apesar de alta nos quais fazem a representação do aumento do custo geral, apresentou períodos de baixa também. Portanto o valor da média de custo encontrado entre maio de 2021 e abril de 2022 foi de R\$ 319,12.

Perspectivas técnicas para a instalação do sistema de energia fotovoltaica

A cidade de Rondonópolis, localizada ao sudoeste do estado de Mato Grosso (Latitude: 16° 28' 17" Sul, Longitude: 54° 38' 14" Oeste.), a aproximadamente 220 km da capital Cuiabá, tem uma insolação média anual de 6 horas por dia, baseado nas informações contidas no mapa abaixo (ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2020). Segundo o Atlas Solar Brasileiro, a radiação solar no Brasil está entre 4.444 Wh/m² a 5.483 Wh/m².

Significa, que se considerar que uma lâmpada de led convencional de 15 W consome 15 W por hora ligada, se essa incidência hipoteticamente fosse convertida em energia elétrica com 100% de eficiência, a energia obtida do sol seria capaz de manter ligada de 296 a 365 lâmpadas de 15 W a cada metro quadrado do país.

Considerando esses dados, pode-se concluir que as instalações dos painéis solares são viáveis do ponto de vista técnico. Contudo, outros fatores como a localidade na residência a ser instalada os painéis solares, que pode diminuir o desempenho dependendo da área a ser instalada devido ter maior ou menor irradiação solar diária ou mesmo quem será o responsável, que deve ser um profissional na área, para não reduzir a produtividade de geração de energia.

Energia gerada e energia injetada no sistema

O sistema de energia solar fotovoltaica estimado neste estudo, é constituída de 9 painéis com capacidade de geração de 340 W cada, ocupa uma área total de 24,48 metros quadrados, a potência instalada de 3,06 Kwp e geração mensal em média de 384,75 Kwh/mês. No gráfico 3, realizou a projeção do volume de energia solar mensal durante o ano hipotético de 2023, para a residência em estudo.

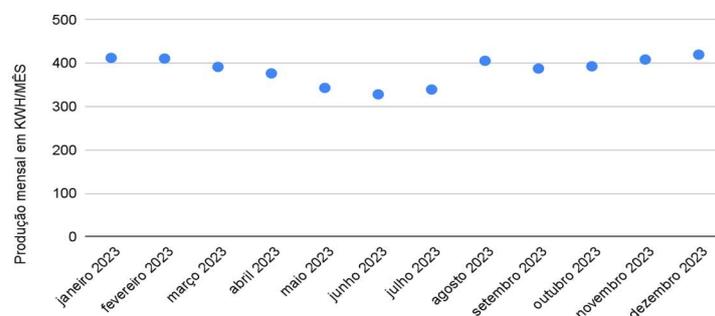


Gráfico 3: Dados da geração de energia mensal estimada com a instalação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica para a residência em estudo, fonte: Portal Solar 2022. **Fonte:** Portal Solar (2022).

O sistema de energia solar será conectado à rede de distribuição da concessionária, caracterizando-se um projeto de energia solar on-grid, e por esse motivo o consumidor ainda pagará a tarifa mínima para a

manutenção e distribuição do serviço de energia elétrica da concessionária, o perfil da residência em estudo, aparenta ser adequada a todos requisitos necessários a ser utilizados para o projeto.

Cálculo da viabilidade econômica

O Valor total do capital a ser investimento, foi estimado através do simulador eletrônico do Portal Solar em R\$ 19,910.67 (dezenove mil, novecentos e dez reais e sessenta e sete centavos) a vista ou financiado em 57 parcelas de R\$ 349,31 (trezentos e quarenta e nove reais e trinta e um centavos), total do pagamento parcelado R\$ 19,910.67.

Custo-benefício da instalação do sistema de energia solar fotovoltaica

O estudo de caso da viabilidade econômica da instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma residência, utilizará métodos de cálculo realizados pela maioria dos profissionais da área de economia e gestão financeira. Santos (2016, citado por MACEDO 2014), confirma a utilização, dizendo que “os métodos mais utilizados, com base no fluxo de caixa dos projetos, são: Período de Payback simples, período de Payback descontado, Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL)”.

Sendo assim, o estudo aplica para os cálculos o Payback simples, a TIR e o VPL, para analisar o investimento a ser aplicado no projeto, considerando também a taxa mínima de atratividade (TMA) terá por base o percentual de lucratividade de uma aplicação financeira. Devido o perfil do consumidor ser residencial a taxa a ser utilizada e que atende os requisitos mínimos segundo Santos (2016, citado por MACEDO): “a taxa de juros auferida no novo projeto deve ser no mínimo a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes, seguras e de baixo risco”. Portanto a taxa a ser utilizada será de 6,17% referente ao que a caderneta de poupança está pagando atualmente por ano.

Para realizar o estudo da viabilidade econômica algumas informações foram consideradas, dentre elas o reajuste da tarifa de energia elétrica, tem o reajuste baseado no IRT (Reajuste tarifário anual) que baseado nos últimos dez anos teve média de aumento anual de 8,2%. Também foi considerado o fator de diminuição de geração do sistema fotovoltaico que gira em torno de 0.8% ao ano, durante 25 anos que segundo o fabricante tem garantia, devido a placa estar em funcionamento, esse fator de depreciação do tempo será contabilizado (LIMA, 2016, citado por MIRANDA, 2014). Para compreender melhor, será mostrado o fluxo de caixa do período analisado e o valor economizado a cada ano que o projeto estará em funcionamento. Todo o projeto do sistema fotovoltaico tem a estimativa de valor de custo para a instalação na residência em estudo de R\$ 19.910,67 (Utilizando simulador do portal solar).

Payback da simulação de sistema de geração de energia solar

Analisando os gráficos, não incluído o reajuste monetário através do tempo, o cálculo do Payback mostra que ao longo de 4 anos e 3 meses aproximadamente o valor total investido seria recuperado pelo investidor, sendo assim, os próximos 20 anos e 9 meses seriam de lucro, considerando a vida útil dos painéis

de 25 anos segundo o fabricante. Na Tabela 2, é apresentado o Payback referente ao projeto, considerando apenas o valor nominal.

Tabela 2: Payback da simulação de sistema de geração de energia solar.

Ano	Geração Com Depreciação e Perdas (Kwh)	Tarifa Elétrica Valor cobrado por (Kwh)	Gasto Economizado	Fluxo de Caixa
Ano 0	-	-	-	- R\$ 19.910,67
Ano 1	4.616,19	R\$ 1,02	R\$ 4.709,90	- R\$ 15.200,77
Ano 2	4.542,33	R\$ 1,18	R\$ 5.376,30	- R\$ 9.824,47
Ano 3	4.505,40	R\$ 1,27	R\$ 5.700,23	- R\$ 4.124,24
Ano 4	4.468,47	R\$ 1,35	R\$ 6.018,14	R\$ 1.893,90
Ano 5	4.431,54	R\$ 1,43	R\$ 6.330,01	R\$ 8.223,91
Ano 6	4.394,61	R\$ 1,51	R\$ 6.635,86	R\$ 14.859,77
Ano 7	4.357,69	R\$ 1,59	R\$ 6.936,14	R\$ 21.795,91
Ano 8	4.320,75	R\$ 1,67	R\$ 7.229,91	R\$ 29.025,82
Ano 9	4.283,82	R\$ 1,75	R\$ 7.517,68	R\$ 36.543,49
Ano 10	4.246,89	R\$ 1,84	R\$ 7.799,41	R\$ 44.342,91
Ano 11	4.209,97	R\$ 1,92	R\$ 8.075,56	R\$ 52.418,47
Ano 12	4.173,04	R\$ 2,00	R\$ 8.345,25	R\$ 60.763,72
Ano 13	4.136,11	R\$ 2,08	R\$ 8.608,90	R\$ 69.372,62
Ano 14	4.099,18	R\$ 2,16	R\$ 8.866,53	R\$ 78.239,14
Ano 15	4.062,25	R\$ 2,24	R\$ 9.118,53	R\$ 87.357,67
Ano 16	4.025,32	R\$ 2,33	R\$ 9.364,10	R\$ 96.721,78
Ano 17	3.988,39	R\$ 2,41	R\$ 9.603,64	R\$ 106.325,42
Ano 18	3.951,46	R\$ 2,49	R\$ 9.837,16	R\$ 116.162,58
Ano 19	3.914,53	R\$ 2,57	R\$ 10.065,04	R\$ 126.227,62
Ano 20	3.877,60	R\$ 2,65	R\$ 10.286,50	R\$ 136.514,12
Ano 21	3.840,67	R\$ 2,73	R\$ 10.501,93	R\$ 147.016,04
Ano 22	3.803,74	R\$ 2,82	R\$ 10.711,33	R\$ 157.727,38
Ano 23	3.766,81	R\$ 2,90	R\$ 10.915,09	R\$ 168.642,46
Ano 24	3.729,88	R\$ 2,98	R\$ 11.112,43	R\$ 179.754,89
Ano 25	3.692,95	R\$ 3,06	R\$ 11.303,75	R\$ 191.058,64

Valor presente líquido (VPL) da simulação de sistema de geração de energia solar

O VPL é muito utilizado para cálculos de viabilidade econômica, é a soma dos benefícios líquidos do projeto atualizado devidamente. Se ao finalizar a análise do VPL o indicador der negativo o projeto não é indicado, caso dê positivo é viável o investimento.

O VPL terá resultado usando o fluxo de caixa inicial de R\$ 19.910,67 mais a somatória dos valores dos gastos economizados a cada ano descontado pela taxa de 6,17% por período de 25 anos. O resultado do cálculo do VPL é mostrado conforme a tabela 3, e atinge o valor positivo de R\$ 64.608,83 mostrando que o projeto é viável, sendo que para o resultado do VPL ser aceito deve ser maior que zero, ou seja, $VPL > 0$.

Tabela 3: Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

Ano	Valores Economizados	Valor Presente	Valor Presente Acumulado
0	- R\$ 31.410,67	-R\$ 31.410,67	-R\$ 31.410,67
1	R\$ 4.709,90	R\$ 4.436,19	-R\$ 15.474,48
2	R\$ 5.376,07	R\$ 4.769,37	-R\$ 10.705,11
3	R\$ 5.700,10	R\$ 4.762,96	-R\$ 5.942,15
4	R\$ 6.018,14	R\$ 4.736,47	-R\$ 1.205,68
5	R\$ 6.330,10	R\$ 4.692,47	R\$ 3.486,79
6	R\$ 6.636,04	R\$ 4.633,38	R\$ 8.120,18
7	R\$ 6.936,00	R\$ 4.561,38	R\$ 12.681,56
8	R\$ 7.229,87	R\$ 4.478,33	R\$ 17.159,88
9	R\$ 7.517,76	R\$ 4.386,04	R\$ 21.545,92
10	R\$ 7.799,58	R\$ 4.286,01	R\$ 25.831,93
11	R\$ 8.075,41	R\$ 4.179,69	R\$ 30.011,62
12	R\$ 8.345,20	R\$ 4.068,32	R\$ 34.079,94
13	R\$ 8.608,94	R\$ 3.952,99	R\$ 38.032,94
14	R\$ 8.866,69	R\$ 3.834,74	R\$ 41.867,68
15	R\$ 9.118,41	R\$ 3.714,43	R\$ 45.582,10
16	R\$ 9.364,02	R\$ 3.592,80	R\$ 49.174,91
17	R\$ 9.603,68	R\$ 3.470,62	R\$ 52.645,52
18	R\$ 9.837,28	R\$ 3.348,44	R\$ 55.993,96
19	R\$ 10.064,88	R\$ 3.226,82	R\$ 59.220,78
20	R\$ 10.286,42	R\$ 3.106,19	R\$ 62.326,97
21	R\$ 10.501,93	R\$ 2.986,97	R\$ 65.313,94

22	R\$ 10.711,45	R\$ 2.869,51	R\$ 68.183,45
23	R\$ 10.914,90	R\$ 2.754,09	R\$ 70.937,54
24	R\$ 11.112,36	R\$ 2.640,97	R\$ 73.578,50
25	R\$ 11.303,75	R\$ 2.530,33	R\$ 76.108,83
Soma dos VPs de 1 a 25	R\$ 96.019,50	VPL =	R\$ 76.108,83
TIR =	30%	Taxa de atração =	4,82

Taxa interna de retorno da simulação de sistema de geração de energia solar

No cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) deve-se considerar em conta se é anual, mensal etc. Sendo p é a TIR, a vantagem da utilização da TIR não necessita dos dados da taxa de desconto relevante, porém necessita ter a taxa de desconto para que comparando com a TIR, para que seja calculado a viabilidade do projeto. Já as desvantagens podem existir mais de uma TIR, e haver problemas na escolha de projetos excludentes.

Para que a TIR do projeto esteja dentro da viabilidade econômica, ela deve ser maior que sua taxa de desconto, no caso do estudo a taxa do TIR deve ser maior do que 6,17% que é a taxa de desconto, sendo a taxa do TIR do projeto de 30% ele é viável segundo o cálculo na Tabela 3.

CONCLUSÃO

Neste estudo pode-se observar através dos cálculos e análises aplicadas, que a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica na residência em estudo é viável, anulando os custos com energia elétrica de modo geral, e gerando lucros energéticos ao investidor ao longo do tempo, sendo uma oportunidade de investimento vantajoso de médio a longo prazo. Durante os 25 anos de geração de energia fotovoltaica analisados pelo estudo, tem a estimativa que serão gerados 103.440,00 Kwh ao longo deste período, sendo assim o gasto economizado com a compra de Kwh da concessionária de energia elétrica terá um valor economizados de aproximadamente de R\$ 191.058,64.

Em virtude dos fatos observados, o investimento nesse projeto de implantação de energia solar fotovoltaico na residência em estudo, torna-se viável, o que reduz os gastos de energia elétrica e apenas terá que pagar o valor pelas taxas referentes a distribuição e manutenção em que a rede do sistema fotovoltaico estará conectada à rede de distribuição da concessionária, a geração será auto suficiente para atender as necessidades de consumo da residência e o excedente deve auferir lucros ao investidor do capital.

Portanto, o interesse no sistema de geração fotovoltaico vem crescendo muito rápido no país, devido ter características muito favoráveis à sua geração, resultando em uma matriz energética de energia mais limpa e renovável.

O projeto proposto demonstrou viabilidade econômica, que mesmo após pagar os débitos do investimento inicial, deve ter lucratividade ao longo do período, portanto o desenvolvimento dessa tecnologia deve se aprimorar a ponto de se tornar uma das maiores fontes geradoras de energia elétrica no mundo.

Com base no que foi apresentado, conclui-se que o sistema de energia fotovoltaica instalado na residência em estudo tem viabilidade econômica, trará economia por muitos anos e produtividade, e o

dinheiro poupado ao longo do período com a economia, pode ser aplicado em outros investimentos auferindo lucros.

REFERÊNCIAS

ABREU, L.. **Payback descontado: o que é e como calculá-lo**. 2018.

ABSOLAR. **Brasil bate recordes no setor de energia solar: 1 milhão de consumidores com geração própria e 21,8 bilhões de investimentos em 2021**. 2022.

ANDRADE, M. M.. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BLUE SOL ENERGIA SOLAR. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede ou Isolados?**. 2019.

BONA, A.. **Descubra o que é VPL e qual a sua importância nos investimentos: O que é VPL?**. 2017.

CAMARGO, R. F.. **Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Consumo de energia elétrica cresce 4,1% em 2021, aponta CCEE: Mercado Livre, que fornece energia para indústria e grandes empresas, já é responsável por 34,5% da demanda por eletricidade no Brasil**. 2022.

CIDADE BRASIL. **Município de Rondonópolis**. 2021.

EOA ENERGIAS. **Energia solar fotovoltaica 2021: expectativa e projeções**. 2021.

ESTADÃO. **Após reajuste de 7% neste ano, energia pode subir mais do que o dobro em 2022**. 2021.

FOCUS ENERGIA PARA A VIDA. **O que é um sistema fotovoltaico híbrido e quais suas vantagens**. 2021.

MACHADO, C.; MIRANDA, F.. **Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão**. *Revista Virtual de Química*, v.7, n.1, p.126-143, 2015.

MALHOTRA, N.. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2001.

Brasil. **Anuário estatístico de energia elétrica 2021**. 2021.

MOBILLS. **Simulador do rendimento de poupança**. 2021.

MOOVE ENERGIA SOLAR. **Confira 6 impactos ambientais causados pelas fontes de energia**. 2019.

NEVES, L.. **O que muda com o Novo Marco Legal de Geração Distribuída?**. 2022.

PINHO, J.; GALDINO, M.. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014.

PORTAL SOLAR. **Energia Fotovoltaica. Energia Fotovoltaica**. 2022.

PORTAL SOLAR. **Quer saber quanto custa para instalar energia solar?**. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia solar: Como calcular**. 2022.

PORTAL SOLAR. **Simulador eletrônico para geração de energia solar**. 2022.

ROSA, R. S.. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede - SFCR / on-Grid**. 2017.

SANTOS, F. A.. **Energia solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG**. 2016.

SILVA, D. F.; PARIZZI, C.. **Análise da viabilidade econômico-financeira do projeto de abertura de uma empresa de alimentação coletiva**. 2015.

SOLARPRIME. **Conheça os 8 principais benefícios da energia solar**. 2018.

TIBA, C.. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. 2000.

YIN, R. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos**. Bookman, 2001.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – **Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03)** detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum). *The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*

<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749c6e646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561158115565104005121/>