



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

PEDRO CARLOS DA SILVA JUNIOR

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS: um estudo de caso em uma residência do município de
Ariquemes – RO**

ARIQUEMES – RO

2021

PEDRO CARLOS DA SILVA JUNIOR

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS: um estudo de caso em uma residência do município de
Ariquemes – RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do título de bacharel em
engenharia ambiental e sanitária
apresentado à Faculdade de Educação e
Meio Ambiente – FAEMA.

Orientadora: Prof.^a Dr. Driano Rezende

ARIQUEMES – RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586p Silva Junior, Pedro Carlos da.

Potencial de produção de energia por meio de Módulos Fotovoltaicos: um estudo de caso em uma residência do município de Ariquemes – RO. / Pedro Carlos da Silva Junior. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.

35 f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Driano Rezende.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Energia Solar. 2. Módulos Fotovoltaicos. 3. Geração de Energia Sustentável. 4. Sistema Conectado à Rede Elétrica. 5. Rondônia. I. Título. II. Rezende, Driano.

CDD 628

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

PEDRO CARLOS DA SILVA JUNIOR

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA POR MEIO DE MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS: um estudo de caso em uma residência do município de
Ariquemes – RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do grau de bacharelado em
Engenharia Ambiental e Sanitarista da
Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA.

Professor Orientador: Dr. Driano Rezende

Banca examinadora

Professor Orientador: Dr. Driano Rezende
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Professor: Ms. Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de educação e meio ambiente – FAEMA

Professor: Ms Liliane Coelho de Carvalho
Faculdade de educação e meio ambiente - FAEMA

Ariquemes – RO
2021

RESUMO

O Brasil possui grande potência para produção de energia solar por meio de módulos fotovoltaicos, tendo em vista que todo seu território apresenta boa incidência solar durante o ano, até em sua região com menor incidência solar supera a melhor região de alguns países como por exemplo a Alemanha que é uma das maiores produtoras de energia solar no mundo, apesar disso maior parte de sua geração ainda vem das hidrelétricas, a estimativa é que a demanda energética do Brasil pode triplicar em alguns anos e sua produção atual não conseguira suprir essa demanda estimada, neste contexto para aliar o desenvolvimento com a preservação dos recursos naturais o presente estudo de caso pretende avaliar o potencial de produção de um microgerador solar instalado a rede elétrica. A metodologia consiste em levantar os dados de produção e consumo durante os nove meses do estudo, onde através dos cálculos e quadros chegou a resultados positivos descobrindo que em 47^o meses o sistema se paga, chegando a gerar 816,56 KWh médio por mês que é equivalente a 629,75 R\$ médio por mês. Concluindo que viabilidade econômica do sistema é compensatória, levando em consideração o longo período que o sistema pode operar com garantia.

Palavras-chave: Energia Solar. Módulos Fotovoltaicos. Geração de Energia Sustentável. Sistema Conectado à Rede Elétrica.

ABSTRACT

The Brazil possesses great potency for production of solar energy by means of photovoltaic modules, in view that all its territory presents good solar incidence during the year, even in its region with less solar incidence it overcomes the best region of some countries as for example Germany that is one of the largest producers of solar energy in the world, Despite this, most of its generation still comes from hydroelectric plants. It is estimated that the energy demand in Brazil may triple in a few years and its current production will not be able to meet this estimated demand. The methodology consists of collecting the production and consumption data during the nine months of the study, where through calculations and tables positive results were found, discovering that in the 47th month the system pays for itself, generating an average of 816.56 KWh per month, which is equivalent to an average of 629.75 R\$ per month. Concluding that the economic viability of the system is compensatory, taking into account the long period that the system can operate with guarantee.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic Modules, Sustainable Energy Generation, System Connected to the Electricity Network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstrativo da Matriz elétrica mundial 2016	12
Figura 2 - Demonstrativo da Matriz elétrica brasileira 2017	13
Figura 3 - Irradiação horizontal diária brasileira	14
Figura 4 - Demonstrativo do sistema off-grid.....	16
Figura 5 - Demonstrativo do sistema on-grid.....	17
Figura 6 - Demonstrativo do sistema on-grid.....	18
Figura 7 - Localização do município Ariquemes-RO	21
Figura 8 - Inversor PHB8500-MS	25
Figura 9 - Módulos fotovoltaicos.....	27
Figura 10 - Percentual do valor investido	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características do gerador fotovoltaico	24
Quadro 2 - Características Técnicas e Elétricas dos módulos fotovoltaicos	24
Quadro 3 - Cabeamento Elétrico de todo sistema em CA e CC.....	26
Quadro 4 - Valor do investimento.....	27
Quadro 5 - Análise das faturas mensais	29
Quadro 6 - Produção x retorno.....	31
Quadro 7 - Período de retorno do investimento	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1.	OBJETIVO PRIMÁRIO	11
2.2.	OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1.	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	12
3.2.	RADIAÇÃO SOLAR	13
3.3.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	15
3.4.	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	16
3.5.	CRESCIMENTO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL	18
3.6.	NORMAS, REGULAMENTAÇÕES E CERTIFICAÇÕES	19
3.6.1.	Regulamentações da aneel – agência nacional de energia elétrica	19
3.6.2.	Normas da energisa distribuição rondônia – energisa/ro	20
3.6.3.	Normas da abnt - associação brasileira de normas técnicas	20
3.6.4.	Nr’s do mte – normas regulamentadoras do ministério do trabalho e emprego	20
4	METODOLOGIA	21
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
4.2.	ANÁLISE DOS MODELOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	22
4.3.	AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1.	EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÃO	24
5.2.	VALOR INVESTIDO	27
5.3.	ANÁLISE DAS FATURAS MENSAIS	28
5.4.	ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE ENERGIA E PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	29
6	CONCLUSÃO	33
7	Referencias	34

1 INTRODUÇÃO

A realidade é clara, o mau uso os recursos do planeta trará consequências catastróficas a diversidade biológica e ao ser humano. Essa preocupação tem gerado um processo de conscientização coletiva, onde tem-se buscado formas alternativas de desenvolvimento de energias sustentáveis, e a redução da liberação de poluentes gasosos, que acabam causando o efeito estufa (SILVA, 2017).

A energia hidráulica ainda é a principal fonte de energia empregada para geração de energia elétrica no Brasil. Apesar de ser uma fonte considerada renovável e limpa, as usinas hidroelétricas geram impactos ambientais devido ao alagamento de grandes áreas que poderiam ser cultiváveis. Em consequência dos processos de degradação da matéria orgânica nas áreas alagadas, gases do efeito estufa, como o Metano (CH_4), são emitidos na atmosfera. Além disso, já está havendo um esgotamento de áreas com capacidade de geração alta densidade, sendo que as principais já estão sendo utilizadas nos centros consumidores do país. (PEREIRA *et al*, 2006, p.10).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE – janeiro 2016), nos últimos 40 anos o consumo de energia elétrica cresceu mais de 250%, e estima que o consumo deve triplicar até 2050, chegando a 1.624 terawatt-hora (Twh), tornando um grande desafio para o Brasil por contar com dimensões continentais e seu consumo vem crescendo exponencialmente.

Para diminuir a produção de energia por meio de combustíveis fósseis e aumentar diversificação de fontes de energia, vários países vêm buscando incentivar o uso de fontes limpas de energia desde que mantenham a eficiência energética necessária, uma dessas fontes é a energia fotovoltaica, que por meio da radiação solar sobre módulos fotovoltaicos é convertida diretamente em energia elétrica (SILVA, 2015).

Além da energia fotovoltaica ajudar nas questões ambientais, como a diminuição de gases do efeito estufa, ela agrega no aspecto socioeconômico tanto na geração de empregos quanto no aumento dos investimentos e contribui para uma diversificação da matriz energética, aumentando a segurança na disponibilidade de energia local (NASCIMENTO, 2017).

De acordo com Nascimento (2017) apesar do Brasil possuir um grande potencial para exploração de energia solar fotovoltaica, o país não apresentou um grande desenvolvimento como em outros países, a maior parte da matriz elétrica é composta por fontes como as hidrelétricas, não havendo até então grandes incentivos para sua expansão. O seu potencial de geração fotovoltaica é de mais de 2 vezes maior que o consumo residencial do país, com índices de irradiação solar entre 1.500 - 2.500 Wh/m² superior a países como a Alemanha 900 – 1.250 Wh/m², Espanha 1.200 – 1.850 Wh/m² e França 900 – 1.650 Wh/m².

Segundo dados da Agência ANEEL (2019) apesar de situações favoráveis como grandes índices de irradiação solar, em Rondônia ainda são poucos os sistemas fotovoltaicos instalados, ocupando o 24^o lugar dentre os estados brasileiros em termos de instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, sendo que nos últimos meses, Rondônia obteve um crescimento aproximado de mais de 490% na instalação de sistemas fotovoltaicos, totalizando cerca de novecentos consumidores que já produzem energia limpa e renovável.

Neste contexto, o presente trabalho descreve um estudo de caso sobre a utilização de energia solar fotovoltaica, considerando os custos de instalação, período de retorno e vantagens para uma residência convencional localizada na cidade de Ariquemes-RO.

2 OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRIMÁRIO

Realizar um estudo de caso relacionado com a geração de energia elétrica e utilização do sistema de módulos fotovoltaicos em uma residência na cidade de Ariquemes, Rondônia.

2.2. OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

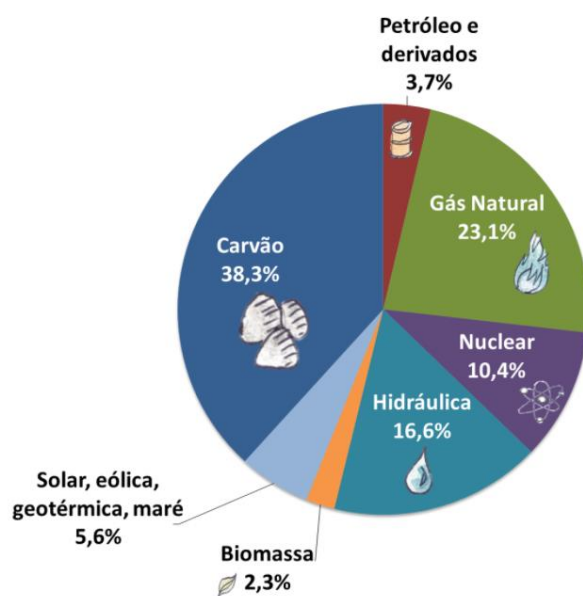
- Caracterizar o sistema de geração de energia solar;
- Apresentar custos de instalação e período de retorno financeiro;
- Comparar discutir os resultados com dados presentes em artigos científicos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em sua maioria a matriz energética mundial é composta por fontes não renováveis como carvão, gás natural e petróleo, como observado na (FIGURA 1).

Figura 1 - Demonstrativo da Matriz elétrica mundial 2016

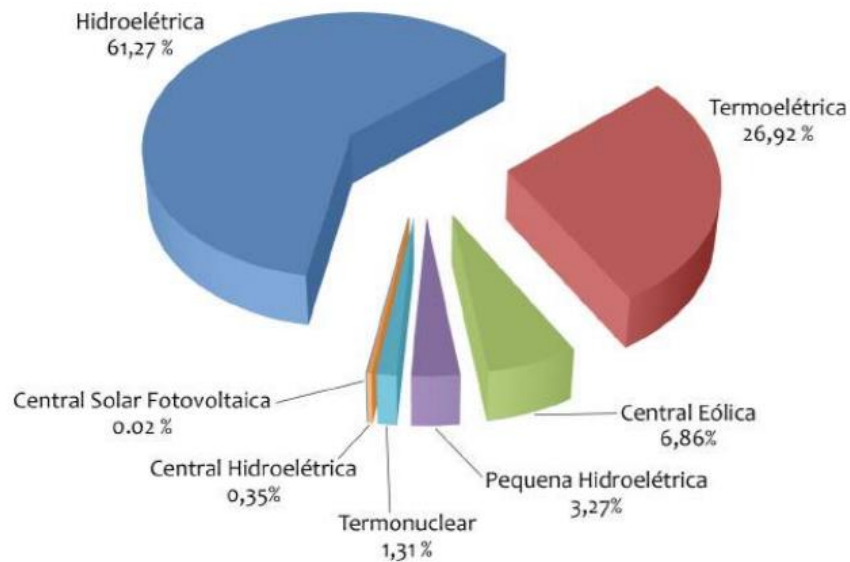


Fonte: adaptado de IEA (2018)

Enquanto que no Brasil a maior parte da energia gerada é proveniente de usinas hidrelétricas, junto com o crescimento das energias eólica e solar, contribuindo para que a energia gerada no Brasil seja em sua maior parte sustentável. (EPE, 2020).

A Figura 2, caracteriza a matriz elétrica brasileira, de acordo com dados disponíveis no banco de Informações de geração da ANEEL.

Figura 2 - Demonstrativo da Matriz elétrica brasileira 2017



Fonte: adaptado de ANEEL (2017)

Conforme observado na Figura 2, a matriz elétrica brasileira é composta em sua maioria por fontes renováveis por meio de hidrelétricas, sendo ainda pouco aproveitada as energias solar e eólica.

3.2. RADIAÇÃO SOLAR

Sendo uma fonte natural, renovável e gratuita a radiação solar é mais benéfica para o meio ambiente em relação as fontes por meio de hidrelétricas e combustíveis fósseis, que são as mais convencionais, sendo assim a radiação solar é maior fonte de energia do planeta Terra.

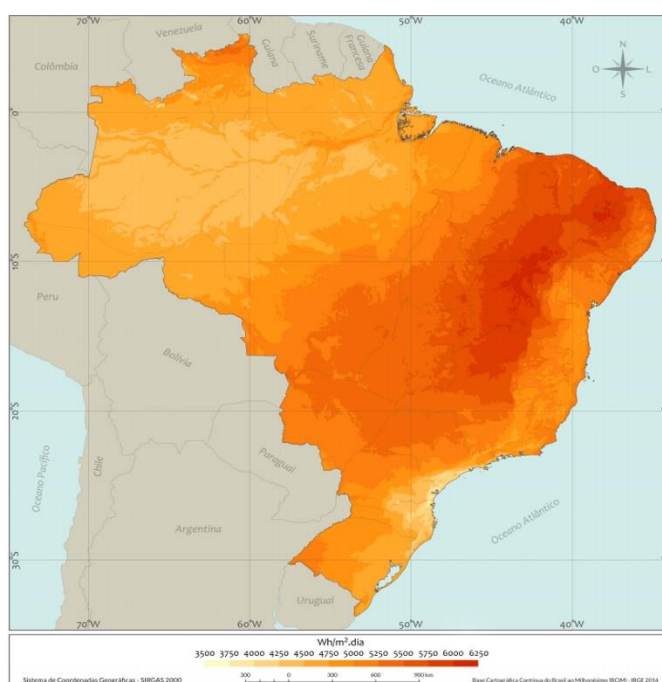
Sendo assim, o Brasil tem grande parte de seu território localizado próxima da linha do Equador, tornando pouco variável a duração solar do dia. Porém, grande parte

das atividades socioeconômicas e da população brasileira se concentra em regiões mais distantes da linha do Equador.

Sendo formada por fótons de diferentes comprimentos de onda a radiação solar apresenta uma distribuição chamado espectro. Além da atmosfera, o espectro da radiação solar aproxima-se do de um corpo negro a cerca de 5.700 K; entretanto, fenômenos de absorção e reflexão provocados por elementos da atmosfera (como o gás carbônico, ozônio e a água) modificam o espectro extraterrestre (ALMEIDA, 2012).

Considerando as ações e efeitos da absorção e do espalhamento feitos pelos elementos atmosféricos, em momentos ou dias de céu limpo e claro, a soma da radiação de ondas curtas incidente é variado ou composto pela radiação solar difusa onde acontece o espalhamento por meio de nuvens, nevoeiros etc..., não projetando sombra e a radiação solar direta que é recebida direto do sol não sofrendo desvio em sua trajetória, sendo assim projetando sombra. Onde o total da soma de ambas denomina-se radiação solar global (LIMA, 2003). A Figura 3 demonstra um exemplo da radiação.

Figura 3 - Irradiação horizontal diária brasileira



Fonte: adaptado do atlas solar (2017)

Conforme observado na Figura 3, o Brasil recebe, ao longo do ano, cerca de mais de 3.000 horas de brilho do sol, que corresponde de 4.499 a 6.300 Wh/m² de incidência solar diária.

3.3. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

O módulo solar fotovoltaico popularmente conhecida como placa solar é o componente básico e essencial do sistema gerador. O total de módulos conectados em série irá estabelecer a tensão de operação do sistema em corrente contínua (CC). A corrente do gerador solar é determinada pelas *Strings* (conjunto de módulos ligados em série) determinara a corrente do gerador solar (RÜTHER, 2004).

A conversão da radiação solar em energia elétrica é feita pelas células fotovoltaicas. Existem diversos materiais semicondutores utilizados na construção destas células, sendo o silício (Si) o mais utilizado. O material utilizado na fabricação da célula irá ditar suas características de capacidade, sendo que o mais utilizado é o silício cristalino (C-Si) (RÜTHER, 2004).

No entanto, os módulos solares têm um custo de produção bastante alto e a possibilidade de reduzi-los já quase se esgotou, motivo pelo qual muitos analistas acreditarem que essa tecnologia não é um competidor importante para as formas tradicionais de geração de energia em grande escala. No entanto, silício cristalino ainda é líder em tecnologia fotovoltaica para aplicações terrestres de qualquer escala, principalmente por sua presença nos grandes e principais mercados mundiais como (Japão e Alemanha) (RüTHER, 2004).

O silício monocristalino não é apenas a célula mais antiga em tecnologia fotovoltaica, mas também a célula mais eficiente em aplicações comerciais. Sua produção envolve lentamente puxar para fora um cristal semente e, em seguida, derretê-lo em um banho de silício em um reator controlado. Formando um cilindro, corte duas pontas finas e depois corte o cristal em uma seção com quatro cortes ao longo de todo o seu comprimento, transformando-o em um quadrado com cantos arredondados. Finalmente, uma serra de arame ou diamante é usada para cortar o cristal em centenas de lâminas (AMERICA DO SOL, 2014a).

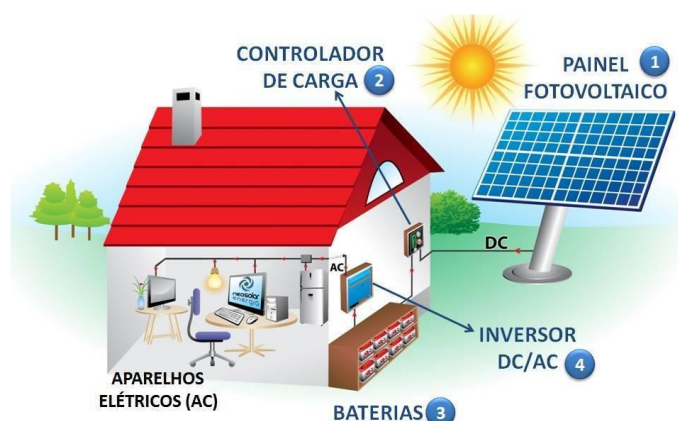
As células de silício policristalino são formadas por solidificação direcional de diferentes cristais após a fusão. Devido às bordas das partículas de cristal, a eficiência das células policristalinas é menor do que a das células de cristal monocristalino. No entanto, são mais baratos de produzir e requerem menos materiais e energia. Tudo isso se reflete no custo final das células, que é inferior ao das células monocristalina, e essa tecnologia há muito ocupa a maior fatia do mercado de módulos solares (AMERICA DO SOL, 2014a).

3.4. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- *Off-grid*

O sistema fotovoltaico de isolamento é um sistema autônomo, normalmente utilizado em locais onde não existe rede pública, a eletricidade gerada é armazenada em baterias para que possa fornecer eletricidade mesmo quando há pouca ou nenhuma energia solar. Os equipamentos que compõe esse sistema são painéis fotovoltaicos, controlador de carga, baterias e inversores (URBANETZ JR, 2013).

Figura 4 - Demonstrativo do sistema off-grid



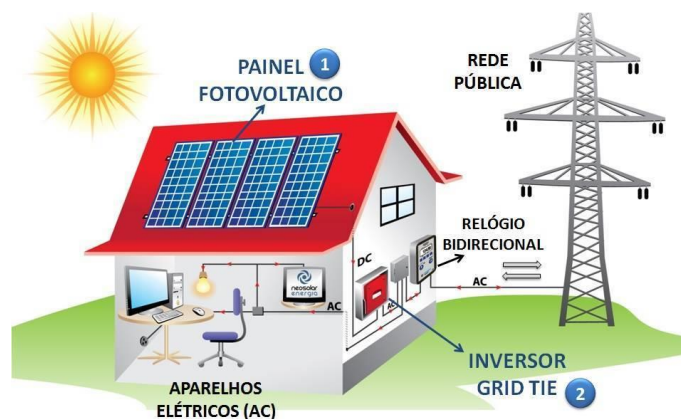
Fonte: adaptado de NeoSolar

Conforme observado na Figura 4, notam-se os componentes necessários de um sistema off-grid.

- *On-grid*

Ao contrário do Off-grid esse sistema fotovoltaico é conectado à rede, também chamados de grid-tie a energia elétrica gerada é inserida na rede elétrica pública. E caracterizada por ter alta produtividade e maior eficiência, caso haja alguma falha na rede se desconecta automaticamente. Não necessitam da utilização de controladores de cargas e baterias tornando seu preço mais baixo. Basicamente é composto por apenas dois equipamentos: inversor e painéis fotovoltaicos. Para atender às exigências das 25 concessionárias de energia elétrica, também é necessária a instalação de dispositivos de manobra e de proteção, bem como medidores de energia bidirecionais que medem a energia elétrica injetada na rede pública e consumida (URBANETZ JR, 2013).

Figura 5 - Demonstrativo do sistema on-grid



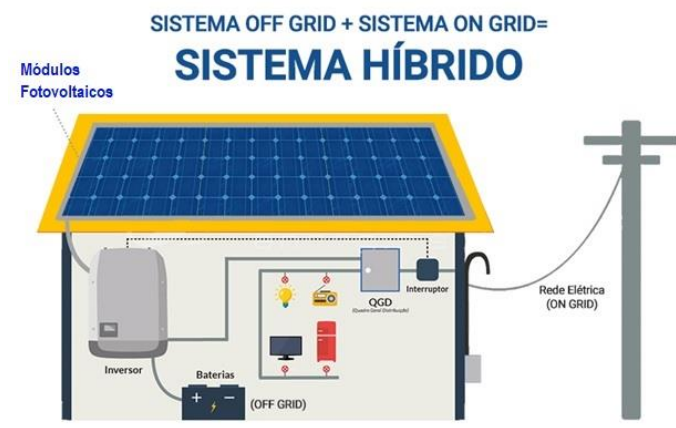
Fonte: adaptado de NeoSolar

Conforme observado na Figura 5, mostra os componentes necessários de um sistema on-grid.

- Híbridos

Segundo a OAC Energia Solar, O sistema solar híbrido se caracteriza principalmente pela junção dos dois sistemas antecessores, sendo conectado à rede e podendo armazenar a energia produzida em baterias.

Figura 6 - Demonstrativo do sistema on-grid



Fonte: adaptado de OCA Energia Solar

Conforme observado na figura 6, mostra os componentes necessários para de um sistema híbrido.

3.5. CRESCIMENTO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

Segundo a ANEEL, o mercado de energia solar cresceu mais de 210% em 2019, chegando a um total de cerca de 2,4 GW, sendo instalados em torno de mais de 100 mil sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração, contribuindo com a geração de cerca de 15 mil empregos, movimento cerca de R\$ 4,8 bilhões na economia, em outubro de 2020 o país bateu mais de 7 GW de potência instalada em sistemas

fotovoltaicos, sendo em sua maior parte instaladas em residências, comércios, indústrias e propriedades rurais.

Estima-se que o Brasil, ainda em 2020, contará com cerca de mais de 170 mil sistemas fotovoltaicos instalados e conectados à rede, representando mais de 0,20% do total das unidades consumidoras do nosso país. A previsão é que, em 2024, haverá, cerca de mais de 885 mil sistemas de módulos fotovoltaicos conectados à rede no Brasil.

De acordo com dados da ANEEL (2019), apesar das condições favoráveis como altos níveis de radiação solar, Rondônia ainda tem poucos sistemas fotovoltaicos instalados, ocupando a 24ª posição entre os estados brasileiros em termos de instalações de sistemas fotovoltaicos interligados à rede. Nos últimos meses, Rondônia obteve um crescimento de mais de 490% na instalação de sistemas de módulos fotovoltaicos, e um total de cerca de 900 consumidores que produzem energia limpa e renovável.

3.6. NORMAS, REGULAMENTAÇÕES E CERTIFICAÇÕES

3.6.1. Regulamentações da aneel – agência nacional de energia elétrica

- Resolução Normativa ANEEL Nº 414 de 9/09/2010: Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica;
- Resolução Normativa ANEEL Nº 482 de 17/04/2012: o usuário ou consumidor brasileiro poderá gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade;
- Resolução Normativa ANEEL Nº 687 de 24/11/2015: Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.
- Resolução Normativa ANEEL Nº 690, de 8/12/2015: Regula o disposto na Portaria MME 044 de 10.03.2015, e aprova o Edital de Chamada Pública para Incentivo à Geração Própria e seu Anexo;
- Módulos 1, 3, 4, 5, 6 e 8 – PRODIST Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição.

3.6.2. Normas da energisa distribuição rondônia – energisa/ro

- NDU 001 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Sec. a Consumidor Individual ou agrupados até 3 Unidades;
- NDU 003 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária e Secundária a agrupamentos Acima de 3 Unidades;
- NDU 013 - Critérios para Conexão de Acessantes de GD - Conexão em BT.

3.6.3. Normas da abnt - associação brasileira de normas técnicas

- ABNT NBR 16149 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição;
- ABNT NBR 16150 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição - Procedimento de ensaio de conformidade;
- ABNT NBR 16274 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho;
- ABNT NBR IEC - Procedimento de ensaio de ante ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

3.6.4. Nr's do mte – normas regulamentadoras do ministério do trabalho e emprego

- NR 06 - Equipamentos de Proteção Individual – EPI;
- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais;
- NR 35 - Trabalho em Altura.

4 METODOLOGIA

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Ariquemes está localizado a uma latitude 09°54'48" sul e a uma longitude 63°02'27" Oeste (FIGURA 07), na porção centro norte do estado do estado de Rondônia, abrangendo uma área de aproximadamente 4.426,571 km² com uma população estimada de 109.523 habitantes ou seja 24,74 hab./km² (IBGE, 2020). O clima de Ariquemes segue a classificação de Köppen\, sendo do tipo equatorial, quente e úmido.

Figura 7 - Localização do município Ariquemes-RO



Fonte: IBGE (2020).

Conforme observa na Figura 7, destaca-se a localização do município de Ariquemes na porção Centro Norte do estado e Norte do Brasil.

Para a realização do presente trabalho será considerado um estudo de caso, no qual foram utilizados os dados obtidos de uma residência convencional, com 3 habitantes e uma área construída de 199,23 m², localizada na cidade de Ariquemes.

De acordo com o IBGE (2010) a média de moradores por domicílio é de 3,3 habitantes no Brasil, já na região norte esse número médio é de 4 habitantes por domicílio.

4.2. ANÁLISE DOS MODELOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A análise dos modelos de sistemas fotovoltaicos foi realizada a partir da coleta de levantamento bibliográfico. Para tanto, foram consultados artigos, trabalhos técnicos, livros e outras fontes de dados científicos em plataformas como: Scielo, Periódicos CAPES, Google acadêmica e Science direct.

4.3. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE AMBIENTAL E ECONÔMICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A residência, objeto do presente estudo, possui um consumo médio mensal de 664,3 kW, o que equivale a uma despesa de R\$ 511,51. A empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica é a Energisa Rondônia Distribuidora de Energia S.A.

As leituras da produção e consumo de energia do sistema foram realizadas uma vez por mês no período de 9 meses, através do medidor de energia elétrica instalado pela ENERGISA RONDÔNIA – DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A. Para coleta, controle e monitoramento de dados do sistema será utilizado um *software* chamado PHB Solar, que por sua vez, permite visualizar informações técnicas como tensão, corrente, potência e energia produzida em tempo real.

Foram coletados os dados de produção diária de energia dos módulos em kWh. foram somados os valores de produção do “dia inicial da medição” ao “dia final da medição”, que são apresentados na conta de energia, levando em consideração as respectivas datas da mesma. O resultado dessa soma pode ser referido como economia gerada mensalmente, e/ou lucro mensal do investimento, todavia para fins de cálculos, foi definido como Produção Total Mensal.

Com a obtenção dos dados, foram organizados quadros para controle e gráficos, e discutidos os resultados com as bibliografias correntes sobre o tema abordado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÃO

O micro gerador é composto de módulos fotovoltaicos, suportes para fixação dos módulos, cabos elétricos, sistema de aterramento, sistema de proteção em CA e CC e inversor solar fotovoltaico, como está detalhado no Quadro 1 e Quadro 2.

Quadro 1 - Características do gerador fotovoltaico

Número de módulos	18
Número de inversores	1
Potência nominal	7,2 (kWp)
Eficiência	97,7%

Fonte: Autor próprio (2021)

Quadro 2 - Características Técnicas e Elétricas dos módulos fotovoltaicos

Dados técnicos	
Fabricante	Jinko Solar
Sigla	JKM400M-72-H-V
Tecnologia	monocristalino
Dados elétricos	
Potência máxima	400 Wp
Rendimento	20,17%
Tensão nominal	41,7 Volts
Tensão em aberto	49,8 Volts
Corrente nominal	9,60 Amperes
Corr. de curto-circuito	10,36 Amperes
Dimensões	
Altura x comprimento x profundidade	1979x1002x40mm
Peso	22,5 kg

Fonte: Autor próprio (2021)

Estima-se que a vida útil dos módulos é de cerca de 25 anos e perca de 20% da produção devido ao envelhecimento ao longo deste período e 10 anos de garantia contra defeito de fábrica. Possuem revestimento anti-refletor que melhora a absorção e diminui a sujeira à superfície, assim dando um excelente desempenho em ambiente com baixa irradiação.

O sistema de conversão corrente contínua para corrente alternada será realizado por um conversor estático (inversor), o modelo escolhido foi da PHB, possui todas as certificações e garantia exigidas pela legislação vigente e contém 6 anos de garantia contra defeito de fábrica, como mostra a figura 8.

Figura 8 - Inversor PHB8500-MS



Fonte: Autor próprio (2021)

O cabeamento elétrico foi feito por meio de cabos condutores isolados, conforme a descrição abaixo:

A seção dos condutores de cobre foi calculada de acordo com a norma IEC / NBR, os cabos do tipo também estarão de acordo com as normas IEC, com código e cores conforme a norma NBR IEC.

Para sua segurança dos colaboradores durante a instalação, manutenção ou verificação, os condutores seguirão o quadro de cores conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Cabeamento Elétrico de todo sistema em CA e CC

Cabos de proteção	Amarelo/verde
Cabos de neutro	Azul claro
Cabos de fase	Preto
Cabos de circuito CC	Com indicação específica de (+) para positivo e (-) para negativo.

Fonte: Autor próprio (2021)

Este projeto contém 3 *strings* compostas por 6 módulos cada, fator este determinado em relação à potência nominal do inversor o qual será alimentado pela sequência de painéis ligados em série (polo positivo com polo negativo), o que permite um melhor aproveitamento das condições de irradiação

O inversor está instalado em local especial dentro da residência, estará sobre o abrigo, protegido da radiação solar direta e de outras intemperes, em ambiente climatizado evitando que possíveis condições adversas possam causar falhas e diminuir a vida útil do inversor.

Os módulos estão instalados na superfície do telhado, ocupando uma área de cerca de 36m², as telhas são de porcelanato do tipo romana, fixadas em vigas de madeira apoiadas diretamente em pilares e paredes de concreto, como mostra a figura 9.

Figura 9 - Módulos fotovoltaicos



Fonte: Autor próprio (2021)

. A instalação foi realizada por instaladores da empresa SOLARI Engenharia que estão devidamente habilitados, treinados e autorizados a realizar tais serviços e está em conformidade com os códigos de construções locais e nacionais, sendo levado em conta fatores como, exposição e fator topográfico ao determinar a carga para a instalação.

5.2. VALOR INVESTIDO

Para implementação do projeto, os equipamentos de maior custo são os módulos fotovoltaicos, inversor e mão de obra, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Valor do investimento

Kit micro-gerador	R\$ 22.953,67
Mão de obra	R\$ 6.312,26
Total	R\$ 29.265,93

Fonte: Autor Próprio (2021)

A figura 10 corresponde ao valor investido em porcentagem de cada tópico da tabela 4.

Figura 10 - Percentual do valor investido



Fonte: Autor próprio (2021)

5.3. ANÁLISE DAS FATURAS MENSAIS

Com o intuito de verificar o custo-benefício do micro-gerador instalado, foi realizada uma análise, podendo observar no Quadro 5 que o maior crédito gerado pelo sistema foi no mês de julho, no valor de 953 kWh e o menor crédito gerado foi em fevereiro, no valor de 691,4 kWh, mesmo assim o micro-gerador está se mostrando totalmente eficaz, pois em nenhum mês teve consumo excedente ao que está sendo gerado, sendo assim não houve gasto com energia elétrica, com exceção da taxa mínima cobrada pelo uso da rede elétrica.

Quadro 5 - Análise das faturas mensais

Ano	Mês	Consumo gerado (kWh)	Preço do KWh (R\$)	Valor do consumo (R\$)	Crédito gerado (kWh)	Preço total da conta (R\$)
2021	Janeiro	635	0,77	488,95	804,2	56,32
2021	Fevereiro	644	0,77	495,88	691,4	73,47
2021	Março	689	0,77	530,53	787,7	82,03
2021	Abril	664	0,77	511,28	787,4	67,76
2021	Mai	607	0,77	467,39	804,4	60,12
2021	Junho	711	0,77	547,47	780,7	67,95
2021	Julho	598	0,77	460,46	953	51,83
2021	Agosto	717	0,77	552,09	844,8	51,86
2021	Setembro	714	0,77	549,78	895,5	54,90
Total		5.979	0,77	4.603,83	7.349,1	566,24

Fonte: Autor próprio (2021)

5.4. ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE ENERGIA E PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Para a análise do Payback do projeto será utilizado os quadros 6 e 7 apresentando o valor investido e o tempo de retorno, baseando-se no valor médio da gerado pelo sistema de R\$ 629,75 por mês. Neste cálculo será utilizada a tarifa atual de energia elétrica no valor de 0,77 kWh, desconsiderando o reajuste que pode sofrer ano a ano, esta aproximação permite uma análise conservadora do tempo de retorno.

Assim como foi utilizado por ALCANTARA (2017), o estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira para a implementação de sistema fotovoltaico em condomínio residencial com conexão à rede de distribuição de energia elétrica. 2017. teve seu retorno investido a partir do 37º mês, concluiu que a viabilidade técnica, econômica e financeira do projeto, com as hipóteses assumidas, sendo os resultados obtidos satisfatórios.

Como podemos observar em ALCANTARA (2017), obteve um período de retorno do investimento em menos tempo, dois fatores importantes para isso foi que a região sudeste possui maior irradiação global média por m² do que a região norte, e que o valor médio do KWh foi de 0,83 R\$ enquanto que o do presente estudo foi de 0,77 R\$.

Já em JÚNIOR (2018), o sistema se mostrou vantajoso economicamente ainda que seu investimento inicial seja consideravelmente alto, principalmente para famílias de baixa renda, pois a economia proveniente da instalação do sistema permitiu que o mesmo se pague em 8 anos, restando 17 anos de 42 grande rentabilidade, considerando principalmente que esse sistema praticamente não exige manutenção frequente.

Em JUNIOR (2018), o estudo de caso realizado foi voltado para famílias de baixa renda, sendo implantado um sistema com um inversor e apenas um módulo fotovoltaico, ele também considerou juros de 6% ao ano, e a tecnologia do módulo fotovoltaico utilizado é policristalino com menor potencial de produção do presente estudo.

Em ESTEVES (2014), chega-se à conclusão de que são necessários cerca de 19 anos para ter o retorno do investimento inicial do sistema fotovoltaico, pois o projeto inicial era que o sistema se pagaria em 12 anos, mas sofreu uma forte redução em relação ao praticado no início do projeto, quando o valor da energia era de R\$0,57302053 e passou a ser R\$0,3602985, valor que levaria a um tempo de retorno de cerca de 12 anos. Esta redução na tarifa de energia se deu devido a uma determinação governamental, forçando a redução das tarifas de energia em grande parte do país.

Como podemos observar em ESTEVES (2014), a tecnologia era mais cara na época em relação a tarifa, porém mesmo assim levando em consideração que o sistema pode operar até 25 anos, ainda se tornaria economicamente viável.

Segundo PEREIRA (2017) na avaliação do aeroporto de Macaé foi identificado a viabilidade econômica para as 3 (três) unidades consumidoras estudadas, considerando o valor total de implantação do sistema fotovoltaico de 6,75/Wp. As unidades consumidoras A e B (alta tensão), com tarifa de consumo de energia menor, alcançaram um tempo de retorno do investimento maior (entre 13 e 14 anos) quando comparada com a unidade consumidora C (7 anos). Portanto, a viabilidade econômica é mais tangível para consumidores com tarifas de energia mais elevadas, como os consumidores do Grupo B (baixa tensão).

Os resultados da produção e período de retorno financeiro seguem nos Quadros 6 e 7.

Quadro 6 - Produção x retorno

Valor investido (R\$)	Mês	Crédito gerado	Valor do kWh (R\$)	Valor do crédito (R\$)	Payback (mês)
29.265,93	Janeiro	804,2	0,77	619,23	47
	Fevereiro	691,4	0,77	532,37	
	Março	787,7	0,77	606,52	
	Abril	787,4	0,77	606,29	
	Maio	804,4	0,77	619,38	
	Junho	780,7	0,77	601,13	
	Julho	953	0,77	733,81	
	Agosto	844,8	0,77	650,50	
	Setembro	895,5	0,77	698,53	
Média		816,56	0,77	629,75	

Fonte: Autor próprio

Quadro 7 - Período de retorno do investimento

Mês	Valor do investimento (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)	Payback (R\$)
0	- 29.265,93		
1		629,75	- 28.636,18
2		629,75	- 28.006,43
3		629,75	- 27.376,68
4		629,75	- 26.746,93
5		629,75	- 26.117,18
6		629,75	- 25.487,43
7		629,75	- 24.857,68
8		629,75	- 24.227,93
9		629,75	- 23.598,18
10		629,75	- 22.968,43
11		629,75	- 22.338,68
12		629,75	- 21.708,93
13		629,75	- 21.079,18
14		629,75	- 20.449,43
15		629,75	- 19.819,68
16		629,75	- 19.189,93
17		629,75	- 18.560,18
18		629,75	- 17.930,43
19		629,75	- 17.300,68

20		629,75	- 16.670,93
21		629,75	- 16.041,18
22		629,75	- 15.411,43
23		629,75	- 14.781,68
24		629,75	- 14.151,93
25		629,75	- 13.522,18
26		629,75	- 12.892,43
27		629,75	- 12.262,68
28		629,75	- 11.632,93
29		629,75	- 11.003,18
30		629,75	- 10.373,43
31		629,75	- 9.743,68
32		629,75	- 9.113,93
33		629,75	- 8.484,18
34		629,75	- 7.854,43
35		629,75	- 7.224,68
36		629,75	- 6.594,93
37		629,75	- 5.965,18
38		629,75	- 5.335,43
39		629,75	- 4.705,68
40		629,75	- 4.075,93
41		629,75	- 3.446,18
42		629,75	- 2.816,43
43		629,75	- 2.186,68
44		629,75	- 1.556,93
45		629,75	- 9.27,18
46		629,75	- 297,43
47		629,75	332,32

Fonte: Autor próprio

Como pode se observar no Quadro 7, após o 47º mês, ou seja, em 3 anos e 11 meses, o valor investido no sistema de geração fotovoltaica voltaria em sua integridade para o consumidor na forma de redução de gasto com energia elétrica. A partir do 47º mês, caso não haja variação na energia demandada na residência, não haveria mais gasto com energia elétrica, com exceção da taxa mínima cobrada pelo uso da rede elétrica.

6 CONCLUSÃO

Através da análise dos resultados apresentados, pode se concluir que o sistema instalado obteve um custo-benefício compensatório, a análise mostrou que o projeto é viável, tem um período estimado de retorno em 47 meses, levando em consideração seu longo tempo de vida útil se torna atrativo tanto economicamente quanto ecologicamente, pode-se deduzir que em um futuro próximo a energia solar por meio de módulos fotovoltaicos será de suma importância para suprir a energia demandada no Brasil e no mundo.

O tempo de retorno desconsidera variações na tarifa de energia, variações do uso da energia e variações da produção de energia, tratando-se assim de uma aproximação.

A sociedade contemporânea enfrenta o desafio de alcançar o desenvolvimento por meio de tecnologias eficientes. É necessário buscar tecnologias de produção de energia baseadas em energias inesgotáveis e renováveis como por exemplo a solar, para que haja redução dos impactos das atividades humanas. A aplicação dessas tecnologias não deve ser avaliada apenas sob os aspectos técnicos e econômicos, pois existem benefícios inerentes que não podem ser medidos financeiramente na implantação de sistemas fotovoltaicos.

7 Referencias

ALCANTARA, Eliza. **Estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira para a implementação de sistema fotovoltaico em condomínio residencial com conexão à rede de distribuição de energia elétrica**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Banco de Informações da geração (BIG)**, 2017.

Atlas Brasileiro de Energia Solar, INPE (**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**), 2017.

DA CUNHA KEMERICH, Pedro Daniel et al. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.

ENERGÉTICA, Empresa De Pesquisa. **Matriz Energética e Elétrica**1. 2019.

ESTEVES, Eloisa Nonato. **Estudo da viabilidade técnica e econômica para geração de energia elétrica utilizando painel fotovoltaico em uma residência no interior de São Paulo**. 2014.

FREITAS, Giovana Souza; Dathein, Ricardo. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**. Revista Nexos Econômicos, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

JESUS, Gildevan Silva de. **Análise de viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico como alternativa de geração de energia limpa na região centro sul de Rondônia**. 2018.

JÚNIOR ANIZIO, Cintra; DE SOUZA, Igor Menezes. **Células fotovoltaicas: o futuro da energia alternativa**. 2018.

JUNIOR HÉLIO, de Souza Morais et al. **Aplicação de energia solar fotovoltaica: um estudo de Caso na região amazônica**. Revista Geonorte, v. 3, n. 5, p. 1303-1309, 2012.

NASCIMENTO, Raphael Santos; Alves, Geziele Mucio. **Fontes Alternativas e Renováveis de Energia no Brasil: Métodos e Benefícios Ambientais**. XX Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência– Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

PEREIRA, Bruno Eustáquio Lima. **Análise de viabilidade econômica de implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos em sítio aeroportuário**. 2017.

ZILLES, R., Macêdo, W. N., GALHARDO, M. A. B., & de Oliveira, S. H. F. (2016). **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. Oficina de textos.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Pedro Carlos da Silva Junior


CURSO: Engenharia Ambiental e Sanitária

DATA DE ANÁLISE: 29.10.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **9,87%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **4,61%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **92,92%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
sexta-feira, 29 de outubro de 2021 14:34

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **PEDRO CARLOS DA SILVA JUNIOR**, n. de matrícula **28607**, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, foi aprovado na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 9,87%. Devendo o aluno fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente