

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Escola Politécnica / ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
TRABALHO FINAL DE CURSO II

Afrânio Alves Vieira Junior

**IMPACTO DA LIMPEZA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA
MELHOR PRODUTIVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros - Orientador. PUC Goiás.
Prof. Dr. Bruno Quirino de Oliveira - Avaliador. PUC Goiás.
Prof. Me. Carlos Alberto Vasconcelos Bezerra – Avaliador. PUC Goiás.

Goiânia, 06 de dezembro de 2021.

IMPACTO DA LIMPEZA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA MELHOR PRODUTIVIDADE.

Junior A. A. V., Medeiros A. M. M., Oliveira B. Q., Bezerra C. A. V., Escola Politécnica, PUC-Goiás

Abstract: This work has as a study the solar panels placed in the monastery of Belém, located in Anápolis, analyzing the impact on the productivity of these systems regarding the lack of cleaning and accumulation of dirt. Carrying out the cleaning methods in the most appropriate way to obtain the results of electricity generation, making a comparative study of before and after cleaning during the same period. Analyzing the results, a percentage of 12.08% was obtained after cleaning the plates, it was observed that after cleaning the drop in electricity production due to the accumulation of dirt on the panels will degrade the performance of the system, with a loss of productivity of 7.56% in 5 months.

Keyword: Photovoltaic systems. Energy. Dust. Cleaning.

Resumo: Este trabalho tem como estudo os painéis solares colocado no mosteiro de Belém, localizado em Anápolis, analisando o impacto na produtividade desses sistemas quanto a falta de limpeza e acúmulo de sujeira. Executando os métodos de limpeza da forma mais adequada para obtenção dos resultados de geração de energia elétrica, fazendo um estudo comparativo do antes e depois após executar a limpeza no mesmo período. Analisando os resultados foi obtido um percentual 12,08% após a limpeza das placas, foi observado que após a limpeza a queda na produção de energia elétrica devido ao acúmulo de sujeira sobre os painéis vai degradar o rendimento do sistema tendo uma perda de produtividade de 7,56% em 5 meses.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos. Energia. Poeira. Limpeza.

I. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento da sociedade nos dias de hoje e é obtida de várias formas, seja por meio dos combustíveis fósseis, seja por meio de água, sol, vento, compostos químicos, entre outros. No mundo é predominante a geração por energia nuclear e combustível fóssil, mas esse cenário está mudando cada vez mais, devido às tendências de crescimento pelos processos de fontes renováveis. De acordo com a perspectiva do Brasil, a maior parte da energia é obtida por fontes renováveis, sendo predominante a geração pelas hidrelétricas. Além disso, existem outras fontes como eólica, térmica, biomassa e a solar, que é o foco deste trabalho. [1]

Junior A. A. V., Escola Politecnica, Pontificia Universidade Católica de Goiás Av. Universitaria 1.440, setor Universitario Goiania-GO, CEP: 74605-01, fone: +55 62 3946-1351 (e-mail: afraniojrz1@gmail.com.).

Medeiros A. M. M., Escola Politecnica, Pontificia Universidade Católica de Goiás Av. Universitaria 1.440, setor Universitario Goiania-GO, CEP: 74605-01, fone: +55 62 3946-1351. E-mails: amarcosmedeiros@gmail.com.

Embora as hidrelétricas sejam dominantes, nos últimos anos é possível observar uma queda da representação da hidrelétrica no plano total. Isso ocorre em decorrência da implementação de sistemas fotovoltaicos e eólicos que estão crescendo gradativamente.

Atualmente, há problemas em relação à expansão das usinas hidrelétricas, devido à pressão dos órgãos ambientais, sociais e públicos. Essas instituições têm como objetivo diminuir o impacto que seria causado com a expansão das usinas, incentivando a busca por outras formas de gerar energia. A sociedade busca uma forma renovável para produzir energia de forma que não agrida tanto o meio ambiente, algumas opções vêm sendo exploradas entre elas a energia solar que é obtida por sistemas fotovoltaicos.

No entanto, com os sistemas expostos a vários ambientes temos a influência da sujeira, que reduz a produtividade do sistema fotovoltaico e exige a limpeza das placas fotovoltaicas. Neste trabalho será feito o estudo do impacto gerado no sistema, executando a limpeza dos painéis de forma correta e analisando a instalação que se encontra no mosteiro de Belém em Anápolis, Goiás.

O trabalho tem como objetivo analisar o impacto da produtividade do sistema fotovoltaico, após executar de maneira correta a limpeza das placas fotovoltaicas e determinar a performance do sistema quando comparado com o período em que não havia a manutenção. Entender sobre a perda de produtividade em sistemas fotovoltaicos em decorrência da sujeira e a importância da limpeza preventiva; Acompanhar a quantidade de sujeira acumulado nos painéis ao decorrer do trabalho; Analisar as vantagens que esse método de limpeza proporciona para a produtividade do sistema.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A procura por utilização de energias renováveis no Brasil vem crescendo cada vez mais nos últimos anos. Uma delas é a energia solar fotovoltaica, que é procurada por causar baixo impacto ambiental e na sociedade. De acordo com as estimativas da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) o ano de 2021 trará um acréscimo de 5,09 GW em potência instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil. Isto representa um aumento de 68% em relação ao acumulado até o fim de 2020.

A geração distribuída (GD), aquela que contempla sistemas de até 5 MW localizados próximos ou junto à unidade consumidora, deve representar a maior parte deste crescimento. A projeção é que a GD cresça 90%, passando de 4,4 GW para 8,3 GW. Enquanto a geração centralizada,

formada pelas grandes usinas, deve crescer cerca de 37%, passando de 3,1 GW para 4,2 GW.

No gráfico exibido na figura 1 é representado o crescimento da fonte solar fotovoltaica no país nos últimos anos e a projeção conforme dados da ABSOLAR para o ano de 2021.

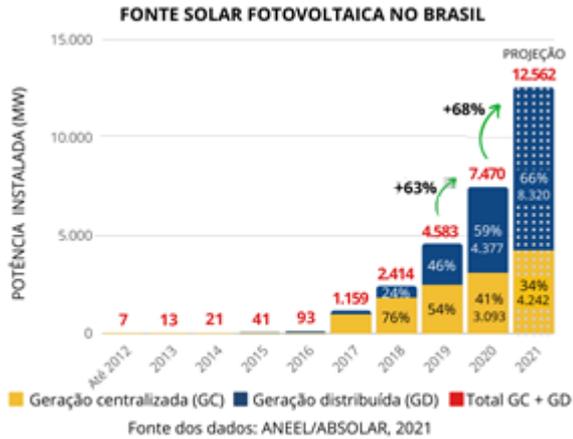


Fig. 1 - Gráfico crescimento de sistemas fotovoltaicos no Brasil.

A figura 2 mostra a representação das fontes de geração de energia no Brasil referente a 2020, sendo a matriz elétrica composta principalmente por métodos de geração renováveis.

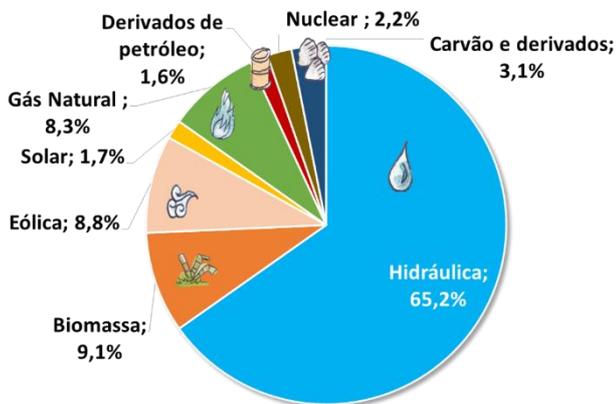


Fig. 2 - Matriz Elétrica Brasileira [2]

Pode-se fazer uma breve comparação observando os dados da figura 3, mostrando a matriz elétrica do Brasil e do mundo, onde se é observado um índice superior a 3 vezes o uso de renováveis comparado com o panorama mundial em relação ao Brasil.

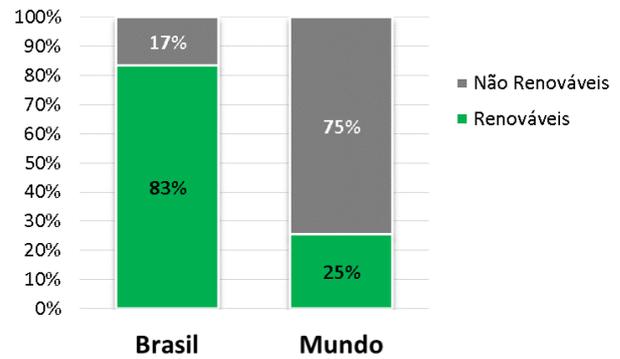


Fig. 3 - Comparação matriz Elétrica Brasil / mundo (BEN, 2021)

Com todo esse crescimento previsto para a energia solar no Brasil [2], surge uma grande demanda para a área da manutenção preventiva, buscando sempre o alto desempenho desses sistemas. A limpeza é uma delas, visando manter o alto nível na conversão de energia solar em energia elétrica [3].

A limpeza vai além disso, mantendo a produtividade em alto nível e ainda prolonga a vida útil das placas, diminuindo o acúmulo de sujeira que pode causar fungos, manchas e até corrosão nos módulos. Sendo que isso reduz a produtividade de todo o sistema [3].

Dessa forma, há necessidade de avaliar os impactos da limpeza correta na produtividade do sistema fotovoltaico do mosteiro de Belém, localizado na cidade de Anápolis- GO. De acordo com os resultados obtidos, almeja-se confirmar a importância da limpeza para garantir a boa funcionalidade desses sistemas.

A. ENERGIA SOLAR

A energia solar é vinda da irradiação solar, que é convertida da luz solar para energia elétrica por meio dos módulos fotovoltaicos que é composto por várias células fotovoltaicas que são interligadas em série ou paralelo. As células são o componente mais importante do sistema, elas recebem os raios solares e transformam a energia da forma de luz em energia elétrica.

Atualmente, temos basicamente dois tipos de geração de energia solar: o sistema on grid que é conectado diretamente à rede elétrica e off-grid que geralmente é instalado em lugares sem acesso a energia elétrica ou lugares que tem a necessidade de armazenar essa energia.

Conectados à rede elétrica (on-grid): O sistema on grid é composto praticamente pelos módulos fotovoltaicos e o inversor como ilustrado na figura 4. Esse modo de geração se torna muito interessante por não ter a necessidade de conter baterias que demandaria uma manutenção maior, devido a vida útil das mesmas. Também existe o ponto de

que a energia é injetada diretamente na rede o que torna o aproveitamento dela maior.

As células fotovoltaicas absorvem a energia solar e a convertem em energia elétrica. Essa energia passa pelo inversor e é convertida de corrente contínua para corrente alternada onde é injetada na rede elétrica. O excedente é enviado à rede da concessionária que tem um relógio bidirecional [5]. Esse relógio faz a aferição do que é produzido em excedente e isso é convertido em crédito para as próximas faturas, conforme figura 5.

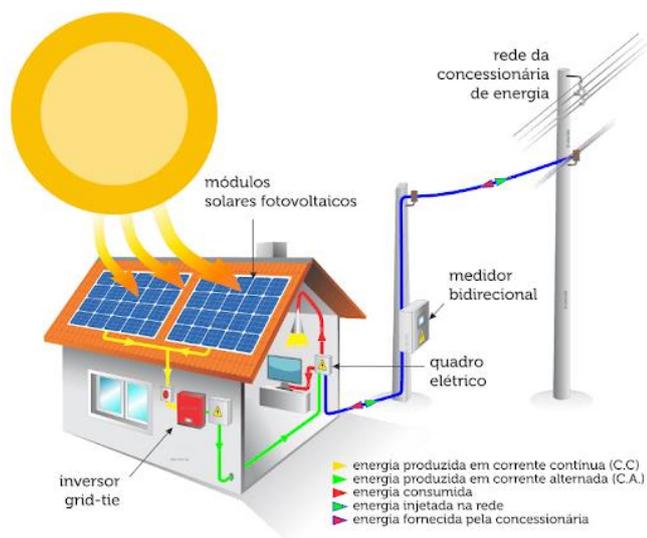


Fig. 4 - Sistema on grid [11]

Conectados as baterias (off-grid): O sistema off grid é composto pelos módulos fotovoltaico, inversor, controlador de carga e baterias como ilustrado na figura 5.



Fig. 5 - Sistema off grid [12]

É utilizado normalmente em lugares sem acesso à energia ou na forma de backup. São sistemas de bombeamento de água, eletrificação rural, tanques de leite, postos de saúde entre várias outras funções. Contudo, devemos ficar atentos aos modos de armazenamento que são as baterias [6].

Nesse sistema, a energia é convertida de solar em elétrica pelos painéis e passa pelo controlador de carga que regula a carga para não danificar as baterias. Em seguida, passa pelo inversor e é convertido de corrente contínua para alternada para suprir as necessidades da rede elétrica.

B. SUJIDADE

Para este estudo a sujidade são resíduos como poeira, pólen, partículas da queima de combustíveis e incêndios, folhas, fezes de animais como aves.

A camada de poeira encontrada nas placas varia de espessura de acordo com o ambiente a qual ela é exposta, pois muitas das vezes os resíduos são transportados pelo vento, movimento de rodovias entre vários outros meios que possam direcionar as partículas.

Alguns aspectos que influenciam no acúmulo de sujeira na superfície da placa é o fato dela ser áspera e também sua inclinação sendo que quanto menor sua angulação maior será o acúmulo de detritos.

O acúmulo desses detritos por um período longo causa a perda de desempenho do sistema fotovoltaico como um todo de forma significativa, o que leva a busca de manutenções preventivas na parte de limpeza dos módulos fotovoltaicos

A sujeira ocasiona pequenas sobras sobre as células e como as mesmas são construídas em série a célula que incidir a menor quantidade de radiação que determina a corrente gerada pelo módulo e todo o conjunto de geração do sistema fotovoltaico.

III. PROCESSOS DE LIMPEZA

Para executar a limpeza de todos os módulos e ver o impacto gerado em um sistema de tamanha proporção, foi estudado os seguintes métodos de limpeza, lembrando que por serem ligadas em série uma placa interfere na performance de todo o sistema.

A. Limpeza Natural

A chuva é considerada o melhor agente de limpeza natural para remover as partículas que estão na superfície da placa, diminuindo o impacto causado pelos detritos que são acumulados sobre ela.

Temos visto que por sua vez não é muito eficaz pois consegue retirar apenas detritos maiores e normalmente com ele traz outras partículas que acabam grudando na superfície do painel.

Após um longo período de exposição das placas em determinados ambientes a camada de detritos vai se tornando muito espessa tornando a forma de limpeza natural ineficaz sendo assim tendo ela como um modo de limpeza mais superficial.

B. Limpeza Automatizados

O processo de limpeza automatizado tem por objetivo utilizar dispositivos mecânicos controlados por um computador como forma de automatizar o processo de limpeza, a fim de minimizar o uso de água, reduzir gastos com mão de obra e manter a eficiência do módulo fotovoltaico a um nível aceitável.

O método de limpeza automatizado se mostra bem eficaz, mas tem o seu ponto negativo que fica por conta do custo de instalação e manutenção o 'que leva a analisar bem se ele se adequa ao tipo de sistema que está sendo utilizado.[7]

C. Limpeza Manual com Água (metodo de execução)

A limpeza manual é considerada como um dos métodos mais eficazes existentes, a limpeza é feita com água da torneira e misturada com detergente essa solução é aplicada sobre os painéis e logo após é feita a escovação com esponjas, pano ou um material adequado que não agrida a superfície do painel.

Na execução do processo de limpeza manual é importante visar a utilização de produtos para esses fins visando a conservação dos painéis pois o uso de material inadequado pode arranhar a superfície do painel degradando o desempenho do sistema fotovoltaico e diminuindo sua vida útil.

D. Local de estudo

localizado nas proximidades de Anápolis, o espaço utilizado para estudo será o sistema fotovoltaico do mosteiro de Belém coordenadas: (-16.24666391011345, -49.0216581123774) instalado desde 2018 em um ambiente plano, contendo 3 inversores e 136 painéis de 240w que é um sistema on-grid, tendo algumas árvores nas proximidades a sujidade nas placas é proveniente de poeira e folhas trazidas pelo ar, a figura 6 traz a vista superior no qual o sistema foi instalado.



Fig. 6 – Vista superior da área de instalação do sistema fotovoltaico

E. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As atividades programadas para se realizar o estudo do trabalho são:

- *Analisar os painéis do sistema instalado no mosteiro de Belém localizado em Anápolis.
- *fazer uma pesquisa da importância da limpeza dos painéis.
- *observar e anotar o índice de sujidade encontrado nos painéis.
- *buscar o meio mais viável para a limpeza dos painéis.
- *realizar a limpeza dos painéis.
- *analisar os dados antes e depois da limpeza e ver o impacto gerado.

Todo o sistema é utilizado para sustentar as acomodações do local, a figura 7 retrata um pouco da estrutura do sistema e o meio a qual o mesmo é exposto.



Fig. 7 - Painéis fotovoltaicos

A estrutura que abriga os 3 inversores responsáveis por converter a energia gerada pelos modos fotovoltaico é apresentada na figura 8.



Fig. 8 - Quadro de inversores

IV. RESULTADOS

O processo de limpeza foi realizado após o fechamento do mês de maio tendo julho como início dos dados do sistema após a limpeza, para realizar o estudo do impacto gerado pela sujidade, foram coletados dados no período de 10 meses, 5 meses antes da realização da limpeza e acompanhamento de 5 meses após a limpeza, analisando o impacto da limpeza na geração do sistema e o acúmulo de sujidade ao decorrer dos 5 meses, dados apresentados na tabela 1.

mês	Geração (kW/h)
Janeiro	35873
Fevereiro	36180
Março	36027
Abril	35918
Maio	34780
Junho	39563
Julho	39280
Agosto	37506
Setembro	37210
Outubro	36570

Analisando os dados mensais da geração do sistema em comparação entre o mês de janeiro e maio encontra-se uma variação de 3,04%, já comparando o mês de maio (último mês antes da limpeza) com julho (primeiro mês após a limpeza) temos um aumento na produtividade de 12,08%, esse rendimento vai diminuindo ao decorrer dos meses, vendo nosso último dado coletado no mês de outubro temos uma perda de 7,56% ao decorrer dos meses.

O gráfico apresentado na figura 8 mostra a perda de produtividade gradativa ao decorrer dos meses, devido ao acúmulo de sujidade e também nos mostra o grande impacto da limpeza na geração comparando as barras que representam maio e junho, dados na vertical referente a geração em kw/h na horizontal meses de geração.

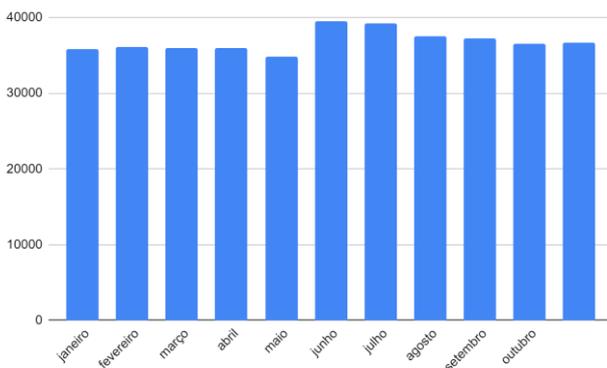


Fig. 8 - Produção mensal do sistema fotovoltaico

Observando o gráfico da figura 9 pode-se analisar a curva de decaimento da produtividade que compra o rendimento mensal do sistema e a linha tracejada que representa a tendência que faz uma previsão desse decaimento com base nos dados coletados, quando R^2 tender a 1 mais próximo ele estará da linha verdadeira. Tendo como

referência no eixo y (vertical) apresenta a geração do sistema e no eixo x (horizontal) um período dividido por meses. Analisando os dados coletados durante toda a pesquisa foi observado que a limpeza dos módulos fotovoltaicos traz um ganho expressivo no rendimento do sistema de 12,08% no caso estudado.

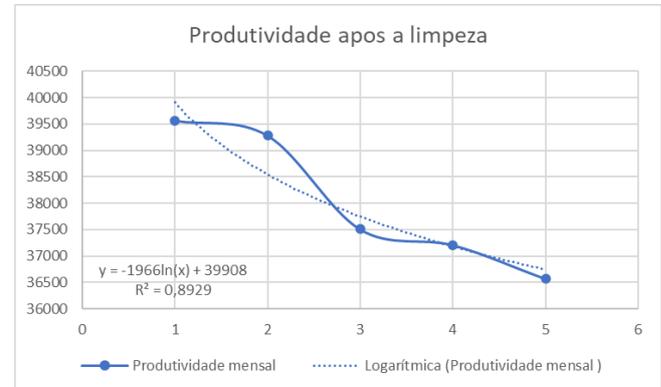


Fig. 9 - Produtividade do sistema após a limpeza

Foi observado que o acúmulo de sujidade sobre os painéis vai degradar o rendimento do sistema tendo uma perda de produtividade de 7,56% em 5 meses realizando projeções, no período de 10 meses sem realização da limpeza teríamos um rendimento de 357556 kW, com a realização de apenas uma limpeza o rendimento foi de 368907 kw, com o sistema sempre em alta produtividade é esperado 395630 kw. concluindo então que a manutenção preventiva de todo o sistema relacionado a sujidade sobre os painéis gera um grande impacto da produção de todo o sistema.

V. CONCLUSÃO

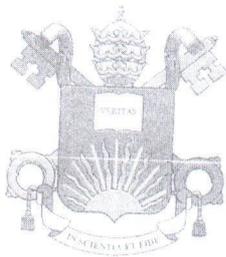
A pesquisa dá uma visão detalhada da geração de energia de todo o sistema e o impacto da limpeza retirando a sujidade existente na superfície dos módulos fotovoltaicos, executando a limpeza manual se mostrou eficaz sendo de fácil manuseio e baixo custo e não agredindo as células fotovoltaicas dos painéis quando executada de modo correto.

Tendo em vista que a instalação seja monitorada e tenha manutenções preventivas com relação ao acúmulo de sujidade sobre as placas que varia de acordo a qual meio o sistema está exposto, deixando o sistema sempre em alta produtividade pode-se esperar uma diferença significativa na produção anual.

Uma sugestão futura é coletar e analisar dados de um espaço amostral maior sobre a produção mensal para criar uma linha de tendência ainda mais completa assim conseguindo determinar bons momentos para se executar a limpeza.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABSOLAR-Associação Brasileira de energia fotovoltaica, "Crescimento da energia fotovoltaica em 2021: projeções e expectativas". *Ecoa Energias Renováveis*, 9 de fevereiro de 2021, São Paulo, SP. Acessado 7 de junho de 2021: <https://www.ecoenergias.com.br/2021/02/09/energia-fotovoltaica-crescimento-2021/>.
- [2] EPE- Empresa de Pesquisa Energética, "Balanço energético nacional 2020" ministério de minas e energia, rio de janeiro, 2020, Acessado 7 de junho de 2021: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf
- [3] Campos Kleverton M. A; Gaio Joao N. "DETERMINAÇÃO DO TEMPO ÓTIMO PARA LIMPEZA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA OBTENÇÃO DA MELHOR PRODUTIVIDADE - ESTUDO DE CASO DOS SFVCR'S IMPLANTADOS NA UTFPR" , Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, Paraná, 2017. url: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9261>
- [4] EPE- Empresa de Pesquisa Energética. "matriz energética e elétrica". Rio de Janeiro, RJ. 2020, url: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>
- [5] Neto Leonardo G; Massa Adilson; Florian Fabiana. "ESTUDO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID E OFF-GRID" semana acadêmica, Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara – SP, 2019.
- [6] PORTAL SOLAR S.A. "Sistema de Energia Solar Off Grid". *Portal Solar - Tudo sobre Energia Solar Fotovoltaica*, São Paulo SP, url: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-energia-solar-off-grid>. Acessado 7 de junho de 2021.
- [7] Rozza Bruno; Pereira Luiz F. S. "PROCESSO AUTOMÁTICO PARA LIMPEZA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO" Trabalho de Conclusão Curso, Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Eletricista. Palhoça SC, 2019.
- [8] Jair G. S.; SILVIA R. C. "IMPACTO DA SUJIDADE SOBRE O DESEMPENHO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS" CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR – Gramado RS, 2018 url: https://pucdegoias-my.sharepoint.com/personal/marcosmelo_pucgoias_edu_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fmarcosmelo%5Fpucgoias%5Fedu%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%20de%20Chat%20do%20Microsoft%20Teams%2F123%2DTexto%20do%20artigo%2D123%2D1%2D10%2D20180416%20%281%29%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fmarcosmelo%5Fpucgoias%5Fedu%5Fbr%2FDocuments%2FArquivos%20de%20Chat%20do%20Microsoft%20Teams
- [9] Elismar R. B.; Merlim dos S. F. "INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA" – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR – Gramado RS, 2018 url: <655-Texto do artigo-655-1-10-20180416.pdf>
- [10] REDACAO MUNDO ESTRANHO. "Como se forma a poeira?" Mundo estranho. São Paulo Sp, 18 apr. 2011. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-se-forma-a-poeira/>. Acesso em: 07 set. 2021
- [11] Fabio W.; "Energia Solar: Qual a diferença entre sistemas On Grid e Off Grid?" – Sebrae - São Paulo Sp, 30 maio 2020. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/energia-solar-qual-a-diferenca-entre-sistemas-on-grid-e-off-grid/>
- [12] Neosolar Energia. "SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS COMPONENTES" – Neosolar, São Paulo Sp, disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Sator Universitário
Caixa Postal 96 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Afrânio Alves Vieira Junior
do Curso de Engenharia de Controle e Automação, matrícula 2014.1.0118.0082-0,
telefone: _____ e-mail _____, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
IMPACTO DA LIMPEZA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA MELHOR PRODUTIVIDADE
_____, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 06 de DEZEMBRO de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Afrânio Alves Vieira Junior

Nome completo do autor: Afrânio Alves Vieira Junior

Assinatura do professor-orientador: Antônio Marcos de Melo Medeiros

Nome completo do professor-orientador: Antônio Marcos de Melo Medeiros