

Projeto Informacional de uma Unidade Móvel Fotovoltaica, em Sistema *Off-Grid*, para Fornecer Energia Elétrica a Produtores da Agricultura Familiar

Informational Project of a Mobile Photovoltaic Unit, in an Off-Grid System, to Supply Electricity to Family Farming Producers

Laurett de Brum Mackmill^{*a}; André Oldoni^b; Douglas Silva da Rosa^a; Marlon Soares Sigales^c; Fabricio Ardais Medeiros^c; Antônio Lilles Tavares Machado^c

^aUniversidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. RS, Brasil.

^bInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense. RS, Brasil.

^cUniversidade Federal de Pelotas. RS, Brasil.

*E-mail: lmackmill@gmail.com

Resumo

O processo de desenvolvimento de produtos se tornou um método fundamental para organizações monetárias permanecerem atuantes e competitivas. Este recurso se constitui de uma sequência de atividades que identificam uma oportunidade ou uma necessidade, a fim de transformar um propósito em produto ou serviço a ser negociado. Desse modo, a fase de projeto informacional ordena etapas para promover a continuidade e a eficiência do projeto do produto, com a definição prévia dos clientes, a identificação dos requisitos, a conversão dos requisitos de clientes em requisitos de produto e por fim, as especificações de projeto. Com isso, o objetivo deste trabalho foi detalhar as fases do projeto informacional, a fim de determinar as especificações da unidade móvel fotovoltaica, em sistema *off-grid*, para fornecer energia elétrica a produtores rurais familiares. Para execução da metodologia foram entrevistados trinta e um agricultores familiares, localizados nos municípios de Arroio Grande, Cerrito e Herval. A partir desses dados, aplicou-se o Diagrama de Mudge para os requisitos de clientes e o QFD para os requisitos de projeto, hierarquizando-os. Diante do exposto, este artigo ordenou as etapas do projeto informacional e detalhou os procedimentos necessários para a organização das atribuições do produto. Os resultados obtidos permitiram visualizar a importância do equipamento a ser desenvolvido, além da viabilidade da unidade móvel de energia fotovoltaica em sistema *off-grid* para produtores rurais familiares.

Palavras-chave: Energia Solar. Gerador. Modelo de Fases. Reboque.

Abstract

The product development process has become a key method for monetary organizations to remain active and competitive. This resource consists of a sequence of activities that identify an opportunity or a need, in order to transform a purpose into a product or service to be negotiated. Thus, the informational design phase orders steps to promote the continuity and efficiency of the product design, with the prior definition of customers, the identification of requirements, the conversion of customer requirements into product requirements and, finally, the specifications of the project. With that, the objective of this work was to detail the phases of the informational project, in order to determine the specifications of the mobile photovoltaic unit, in an Off-grid system, to supply electric energy to family rural producers. To implement the methodology, 31 family farmers were interviewed, located in the municipalities of Arroio Grande, Cerrito and Herval. Based on these data, the Mudge Diagram was applied to customer requirements and the QFD to project requirements, hierarchizing them. Given the above, this article ordered the stages of the informational project and detailed the procedures necessary for the organization of product attributions. The results obtained allowed to visualize the importance of the equipment to be developed, in addition to the viability of the mobile photovoltaic energy unit in an Off-grid system for rural family producers.

Keywords: Solar Energy. Generator. Phase Model. Trailer.

1 Introdução

A energia solar apresenta duas características específicas muito importantes, que as diferenciam das fontes energéticas convencionais, como a dispersão e a intermitência. Dispersão, porque exibe baixa densidade, ou seja, necessita-se de áreas de captação ou sistemas de concentração de raios solares para elevar essa densidade e obter altos níveis de energia, bem como intermitência, pois requer o desenvolvimento de instalações captadoras de energia e armazenamento da potência adquirida (Solar, 2020).

Essas particularidades estabelecem que a energia solar seja distribuída diferentemente das demais, visto que demanda equipamentos específicos para que essas cargas

sejam absorvidas, convertidas termicamente e eletricamente para gerar corrente direta (efeito fotovoltaico) (Solar, 2020). Muitas são as tecnologias que podem ser aplicadas para a energia solar, no entanto, o desafio é optar por modelos que reduzam custos para a efetivação dos sistemas fotovoltaicos (Pinho; Galdino, 2014).

Esses modelos se distinguem em *On-grid* e *Off-grid*, em que o sistema *On-grid* é totalmente dependente do funcionamento da concessionária, pois o inversor transforma a energia contínua, gerada pelas placas solares, em alternada, a qual corresponde a mesma frequência da rede elétrica, o que possibilita o imediato consumo. O excedente da energia não utilizada é encaminhado para a concessionária e reutilizada, posteriormente, como crédito. Já o sistema *off-grid* é

completamente desligado da concessionária, o que transforma o complexo totalmente dependente da energia armazenada nas baterias. Apesar de apresentar um aumento no custo de instalação, pelo acréscimo das baterias, o arranjo permite a utilização da potência acumulada, mesmo em momentos em que não há luz elétrica disponível na rede (Cunha; Silva, 2020).

Diante do exposto, mercado e indústria de energia solar dispõem de um cenário dinâmico, o qual demonstra competitividade em qualidade e preços de produtos, estimulando as empresas a incorporarem e desenvolverem, constantemente, inovações com tecnologias contemporâneas, que visam menor custo, maior qualidade, baixa manutenção e ampliação do comércio (Pinto; Fontenelle, 2013).

Assim, o processo de desenvolvimento de produtos se tornou um método fundamental para organizações monetárias permanecerem atuantes e competitivas. Esse recurso se constitui de uma sequência de atividades que identificam uma oportunidade ou uma necessidade, a fim de transformar um propósito em produto ou serviço a ser negociado (Pinto; Fontenelle, 2013).

Desse modo, a fase de projeto informacional ordena etapas para promover a continuidade e a eficiência do projeto do produto, com a definição prévia dos clientes, a identificação dos requisitos desses clientes, a conversão dos requisitos de clientes em requisitos de produto e, por fim, as especificações de projeto (Baxter, 1995; Otto; Wood, 2001; Pahl; Beitz, 1996; Pugh, 1990; Roozenburg; Eekels, 1995).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi detalhar as fases do projeto informacional, a fim de determinar as especificações da unidade móvel fotovoltaica fornecedora de energia elétrica, em sistema *Off-grid*, para fornecer energia elétrica a produtores rurais familiares.

2 Material e Métodos

O projeto informacional foi desenvolvido remotamente, no entanto, exerceu-se direto contato com o Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas - NIMEq, inserido na Universidade Federal de Pelotas. Este projeto se constituiu de cinco etapas: pesquisa por informações; identificação das necessidades dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto; estabelecimento dos requisitos dos clientes; determinação dos requisitos de projeto e, por fim, definição das especificações de projeto.

A primeira etapa consistiu em uma investigação bibliográfica acerca das informações técnicas e de mercado concernente à energia solar, com o intuito de familiarizar-se com o problema de pesquisa. A revisão objetivou analisar os diferentes equipamentos existentes no mercado que empregam energia solar para a geração de energia elétrica.

Na segunda etapa foram identificados os clientes envolvidos no ciclo de vida do produto, bem como as necessidades desses clientes perante essa ferramenta geradora e armazenadora de

energia elétrica, por meio de um questionário estruturado, o qual foi elaborado mediante a metodologia proposta por Reis (2006).

Buscou-se estimar as atividades desenvolvidas na propriedade dependentes de energia elétrica, a potência demandada nessas atividades e o interesse do produtor em adquirir um equipamento que suprisse essa demanda energética, bem como o valor que o produtor estaria disposto a pagar pelo dispositivo. Nesta etapa se integralizou uma equipe de projeto com professores, discentes de distintos níveis acadêmicos e formações, bem como técnicos, os quais colaboravam com o Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas, para debater sobre os atributos dos clientes internos. Esta equipe se reuniu remotamente, por meio de vários aplicativos de videoconferência, disponíveis on-line, por diversas plataformas de comunicação.

Não se realizou a aplicação da equação de amostra representativa, pois a construção deste artigo sucedeu em um momento adverso, no qual a pandemia de Covid-19 ocorria, o que dificultou a seleção de um público específico para participação da pesquisa. Dessa forma, optou-se por produtores rurais de unidades familiares que residiam em locais isolados com déficit de energia elétrica e que consentiram colaborar com a investigação.

Na terceira etapa foram estabelecidos os requisitos de clientes, a partir do questionário aplicado, com a conversão das necessidades em requisitos de clientes, onde utilizou-se da linguagem específica de projeto. Fundamentado nesses requisitos, desenvolveu-se um quadro com as necessidades convertidas, a fim de valorá-los e eliminar as redundâncias. O diagrama de Mudge foi empregado para classificar e avaliar o grau de importância de cada requisito, em benefício do cliente, hierarquizando-os, por meio de uma análise comparativa duplicada, ou seja, de duas em duas, até que todas as funções se relacionem entre si.

A apreciação do diagrama de Mudge procedeu-se com a mesma equipe de projeto, a qual discutiu os tópicos de forma remota, a fim de estipular o requisito mais significativo entre os apresentados, elencando-os por ordem de importância.

Na quarta etapa foram determinados os requisitos de projeto, expondo os primeiros indícios físicos do produto, por meio de expressões mensuráveis, as quais relacionavam alguma unidade de medida. Para um melhor entendimento desta etapa, aplicou-se a matriz da casa de qualidade (QFD), que lista os requisitos de cliente e projeto, relacionando-os entre si, objetivando valorá-los.

Essa valoração transcorreu de modo remoto, assim como no diagrama de Mudge, com a equipe de projeto, que optou por incluir o telhado da casa de qualidade para verificar a dubiedade e/ou contrariedade entre os requisitos de projeto. Por fim, os valores atribuídos aos requisitos de projeto foram totalizados indicando a importância de cada um, hierarquizando-os.

A quinta e última etapa do projeto informacional definiu as especificações de projeto, que decorre da hierarquização dos requisitos de projeto, com a formulação de um quadro de especificações. Essas especificações estabelecem um modelo inicial de produto, o qual não é estático, pois somente foram estipulados critérios para, posteriormente, promover a continuidade das fases do projeto conceitual.

3 Resultados e Discussão

As etapas do projeto informacional foram desenvolvidas entre março a agosto de 2021, momento em que as atividades se encontravam de forma remota, em decorrência da existência de pandemia, contudo, a execução das fases não foi afetada, devido aos aplicativos de comunicação que facilitaram a interlocução.

Na primeira etapa do projeto informacional, evidenciou-se na revisão bibliográfica que os componentes, os quais constituem o sistema fotovoltaico são comercializados por empresas nacionais, o que apresenta viabilidade na fabricação e manutenção de qualquer equipamento, que promova energia elétrica mediante a solar. Além disso, demonstrou o aumento na aquisição de dispositivos com placas fotovoltaicas, em função da queda de preços, pois o País dobrou a capacidade instalada de geração de energia solar, em 2020 (Época Negócios, 2021).

No entanto, observou-se a defasagem em equipamentos *off-grid* e que apresentem mobilidade dentro das edificações para atender a demanda de energia elétrica em diferentes localidades no interior da propriedade, o qual é a proposta deste projeto informacional. Desse modo, constatou-se que existe a necessidade de uma ferramenta que abasteça propriedades rurais isoladas com energia elétrica, mediante unidades armazenadoras de energia solar para utilização em períodos de oscilação e declínios de potência nesses locais.

Sendo assim, a segunda etapa discriminou os clientes envolvidos no ciclo de vida do produto, listando as fases de projeto (planejamento, cálculo, dimensionamento e desenho), produção (compras, fabricação e montagem) e testes (avaliações do protótipo) como atributos da equipe de projeto, constituída de diferentes formações acadêmicas, bem como engenheiros e técnicos, os quais se inserem em clientes internos. Já a comercialização, que engloba as atividades de marketing, armazenagem, distribuição e venda são predicados do pessoal de marketing, venda e pós-venda, determinando-os como clientes intermediários.

Por último, o uso (operação, regulagem e manutenção) e o descarte (desmontagem, reciclagem e desativação) são aptidões do produtor rural de unidades familiares, os quais apresentam problemas no abastecimento de energia elétrica e localizam-se distantemente dos grandes centros e concessionárias de energia. Esses usuários são o público-alvo deste estudo, além de representarem os clientes externos na divisão analítica dos clientes, dentro da metodologia proposta por Reis (2006).

Diferenciado os clientes, verificou-se a imprescindibilidade de uma coleta de informações, juntamente aos clientes externos sobre as oscilações de energia, as quais ocorrem dentro das propriedades, à potência utilizada e o maquinário que pode suprir essa demanda. O questionário apresentou questões objetivas, com algumas abertas, para permitir ao produtor expressar sua opinião, acerca do tema, conforme julgue necessário. As questões específicas foram formuladas, de acordo com os diferentes clientes ao longo do ciclo de vida do produto, a fim de nortear as especificações de produto, posteriormente.

Como resultados, cinco projetistas foram interrogados para as questões do ciclo de vida do projeto, consultando-os sobre o déficit de energia elétrica dentro das unidades familiares rurais, nas quais se obteve a conservação e o armazenamento da produção, como principal item, totalizando 60% e a operação de equipamentos elétricos e eletrônicos, somando 40%, como as atividades produtivas mais afetadas com o fornecimento insuficiente de energia elétrica. Este dado pode ser corroborado por Silva, Munhoz e Correia (2002), os quais afirmaram que a escassez de energia elétrica, no meio rural, reduz a qualidade de vida e o desenvolvimento agropecuário, além de comprometer a produção pelas longas interrupções elétricas.

A segunda questão inquiriu sobre o porquê de os produtores rurais de unidades familiares não disponibilizarem de energia solar fotovoltaica para suprirem a demanda de energia elétrica da propriedade e se concluiu que, no parecer dos projetistas, 60% não usufruem da tecnologia por desconhecimento do sistema, bem como do retorno que pode ofertar a propriedade. No entanto, alguns projetistas argumentaram, também, a ocorrência de descredibilidade no sistema (20%) e o elevado custo de instalação (20%), que pode ocorrer em sistemas *On-grid*. Nessa conjuntura, Francisco (2011) admitiu que a informação sobre a energia solar fotovoltaica é mais bem difundida entre produtores que exibem Ensino Superior, no entanto, mesmo assim, demonstram desconhecimento sobre os módulos, vantagens, políticas governamentais e retorno financeiro, pois as elucidações sobre os equipamentos disponíveis ainda são escassas.

A terceira interpelou sobre o principal problema encontrado no sistema *On-grid* em uma propriedade rural familiar localizada em um ponto isolado, inferindo que a principal justificativa é a dependência da concessionária de energia, totalizando 60%, enquanto o restante da equipe determinou que não operar na ausência de energia elétrica é a adversidade prevacente no sistema *On-grid*. Conforme a alegação dos consultados, um dos entraves do sistema *On-grid* é a dependência da concessionária de energia, a qual regulamenta a distribuição, contudo não há uma regulamentação atualizada que garanta o abastecimento homogêneo de eletricidade, o que pode inviabilizar o sistema fotovoltaico de atuar.

A quarta e última inquirição arguiu sobre os problemas encontrados para a aquisição de equipamentos com energia

fotovoltaica em sistema *off-grid*, em que 80% do grupo de trabalho compreendeu que o alto valor comercial é um dos maiores empecilhos a obtenção do dispositivo. Contudo, 20% dos projetistas denominaram o desconhecimento do equipamento e do modo de uso como um dos relevantes entraves à mercancia desse produto. Essa assertiva é validada por Reis (2011), o qual confirmou que o emprego de baterias, para o armazenamento de energia, agrega custo ao sistema fotovoltaico *off-grid*. Esse aparato é desnecessário em arranjos *On-grid*, porque a energia obtida é confiada à concessionária elétrica, conforme supracitado.

Em síntese, essas questões visaram identificar a percepção dos projetistas perante a temática, os quais atuam em diferentes áreas, de modo a quantificar o conhecimento de cada um sobre o contexto da energia solar nas unidades agrícolas familiares. Para a resolução do questionamento realizado referente ao ciclo de vida de produção do produto, consultou-se os cinco projetistas, bem como três vendedores de equipamentos fotovoltaicos, constatando, em unanimidade, que todos os componentes específicos podem ser adquiridos comercialmente, com evidente facilidade, pela disseminação dos itens que compõem, atualmente, os dispositivos de energia solar.

No ciclo de comercialização e marketing foram efetuados três questionamentos a três funcionários da empresa Desenvolt, a qual comercializa e instala dispositivos fotovoltaicos em sistema *On-grid*. Antes de aplicar o inquérito, verificou-se a compreensão dos colaboradores, sobre o sistema fotovoltaico *off-grid*, para que as necessidades do pesquisador fossem satisfeitas. Na primeira indagação, obteve-se como retorno que a mobilidade/ manobrabilidade e a segurança eram os fatores mais importantes para uma unidade móvel fotovoltaica fornecedora de energia elétrica, em sistema *off-grid*, perfazendo 66,67 e 33,33%, respectivamente.

É imprescindível que o sistema isolado apresente mobilidade para atender às diversas demandas da propriedade, a fim de compensar os custos envolvidos na composição do equipamento, pois, geralmente, arranjos em *Off-grid* são instalados em locais específicos e que não possuem, nas proximidades, energia elétrica (Senar, 2021). Além disso, eventos como módulos de diferentes potências, sensores mal instalados, tensão desregulada, sobrecarga, curtos-circuitos, temperaturas excessivas e desgastes podem ocorrer se o complexo não for corretamente dimensionado (Souza; Souza; Minori, 2019), ou seja, inquietações relativas à periculosidade do dispositivo podem ser transmitidas ao proprietário, permitindo-o ser cauteloso. Diante disso, mobilidade/ manobrabilidade expressou maior visibilidade, sequenciado de segurança, que configurou como o segundo item mais indicado pelos interrogados.

Na segunda averiguação, sobre a cor representativa para um equipamento de energia solar fotovoltaica, houve absoluta divergência entre as opiniões de todos os participantes. Alegou-se que coloração mais correta seria azul, pois remete a energia,

bem como ao céu, entretanto, essa informação foi contestada por outro interpelado, argumentando que a cor verde seria a mais apropriada por representar o meio rural e ainda ser a tonalidade que denota o símbolo de sustentabilidade, o qual emprega as energias renováveis.

Por fim, o último investigado proclamou que a pigmentação mais representativa era a amarela, por corresponder ao Sol e se relacionar com a energia solar fotovoltaica. A partir dessas considerações, a cor do equipamento foi selecionada pela equipe de projetistas. Não foram encontradas na literatura redações que fundamentem essas definições, com isso pressupõe-se que essas predileções se originaram do entendimento, desejos e vontades de cada um com relação à temática de energia solar fotovoltaica. Dessa forma, as colorações citadas pelos entrevistados foram elencadas a diferentes sentimentos e sensações que o contexto Sol provocou.

O terceiro questionamento compreendeu a adesivagem, entre as opções de manual impresso ou on-line, como o melhor método instrutivo ao produtor rural de propriedades familiares, havendo pleno consenso, entre os partícipes, no tipo de instrumento que deve acompanhar o dispositivo energético. Santos (2019) corrobora com os interrogados, ao afirmarem que a adesivagem elucidada aos usuários o funcionamento da máquina, além de identificar o equipamento, ao construir uma identidade visual.

No ciclo de vida correspondente ao uso, não se empregou o cálculo de populações finitas, conforme citado na metodologia, pois a pesquisa dependeu da benevolência dos interrogados, os quais não estavam vacinados. Mesmo com todos os protocolos de segurança determinados pela OMS, a possibilidade de contágio existia.

Desse modo, formulou-se um termo de consentimento de livre esclarecimento (TCLE), o qual explanou o título do projeto, os componentes, a temática proposta, assim como todos os esclarecimentos pertinentes ao desenvolvimento do trabalho. Ao fim deste documento, solicitou-se a assinatura do colaborador, o qual poderia se abster da investigação ou acordar com a participação.

Com isso, foram totalizados trinta e um produtores rurais de unidades familiares averiguados em regiões agrícolas, consideradas isoladas, entre eles assentamentos, colônias e pequenas comunidades, dos municípios de Arroio Grande, Cerrito e Herval.

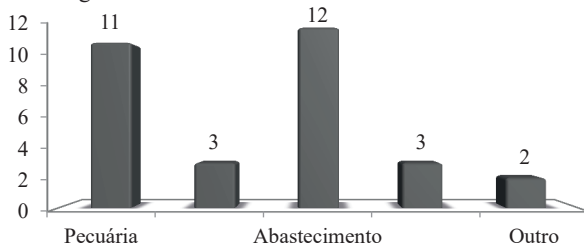
Como resolução para o questionário aplicado se obteve, na primeira interrogação, que 67,7% dos proprietários possuem até 25 hectares de extensão de terra, totalizando 21 dos 31 entrevistados. Em contrapartida, 29% assentiram que usufruem de 25 a 50 hectares do espaço rural, perfazendo 9 dos 31 consultados. Por fim, somente 3,3% declarou dispor de 50 a 75 hectares de propriedade agrícola, o que representa 1 dos 31 questionados.

Observou-se que todos os interrogados se enquadram na agricultura familiar, pois segundo Brasil (2006), o agricultor

familiar é o que possui área de até quatro módulos fiscais, entre outros atributos. De acordo com o INCRA (2013), o município de Arroio Grande denota 40 hectares em um módulo rural, bem como Herval que exibe a mesma referência. Já Cerrito apresenta 16 hectares em 1 módulo, ou seja, conforme o INCRA (2013), esse é o mínimo de área rural para que uma unidade produtiva seja economicamente viável. Diante do exposto, pode ser verificado que 23 dos 31 colaboradores não completam dois módulos fiscais, pois residem nos municípios de Arroio Grande e Herval, assim como as respostas não excedem o valor de 50 hectares.

A segunda inquirição se referiu sobre as atividades desenvolvidas dentro da propriedade que demandam maior quantidade de energia elétrica e recebeu como desfecho que 38,71% consomem mais eletricidade no bombeamento de água, seguido de 35,48% que a utilizam na pecuária e os outros 9,68% que a empregam, em grande parte, na agricultura e distanciamento de animais, bem como na iluminação rural. Os demais 6,45% alegaram que requerem maior potência em equipamentos mecânicos e fábrica de rações, para a produção de alimentos (Figura 1).

Figura 1 - Processos realizados na propriedade que consomem mais energia elétrica



Fonte: dados da pesquisa.

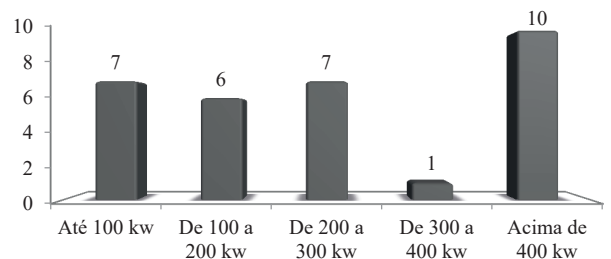
O parecer adquirido corresponde ao dispêndio de energia que a bomba de água gera para abastecer uma unidade familiar de produção agrária, pois em locais isolados há precariedade no saneamento, inferindo na utilização de água de poços artesianos, riachos, lagos, arroios, entre outros que estejam presentes dentro ou próximo à propriedade. A resolução esclareceu que a potência de uma bomba de água é volvida a romper a coluna de água, seja em baixas ou altas altitudes e para isso ocorrer, são exigidos motores de grande potência, que por consequência, originam um elevado consumo de energia elétrica.

Incontestavelmente, a pecuária de leite ou corte é a alternativa que representa o segundo maior consumo de eletricidade, pelas diferentes responsabilidades que a atividade promove. Além disso, a energia elétrica se enquadra como um custo fixo dentro da produção e pode onerar em vultosos valores (Lopes *et al.*, 2017), pois participa de atividades rotineiras da propriedade, bem como acionamento de equipamentos, aquecimento de água, armazenagem dos produtos, entre outros processos tecnificados que o meio rural emprega.

A terceira indagação visou o consumo de eletricidade da

propriedade, em que se solicitou a todos colaboradores a fatura de energia elétrica para verificar o mês de maior utilização de quilowatts, entre os 12 meses, a qual foi acordada por inteiro. Essa opção intercorreu pelo projeto da máquina, que se planejada para o mês de maior demanda abarcará os demais, com isso, alcançou-se 32,3% proprietários com mais de 400kW consumidos, continuados de 22,6%, os quais demonstraram valer-se de 200 a 300 kW, bem como um outro grupo de 100kW. Sucessivamente, 19,3% comprovaram dispor de 100 a 200 kW, em contradição a 3,2% que apontaram empregar 300 a 400 kW em suas propriedades rurais (Figura 2).

Figura 2 - Demanda energética das propriedades rurais de pequeno porte.



Fonte: dados da pesquisa.

Em face ao exposto, um segmento dos examinados apresentou faturas que excederam os 400 kW em diferentes períodos, concentrando-se nos meses de verão e inverno. Em vista disso, observou-se que sete dos dez consultados desempenham atividades relativas à pecuária de leite e corte, sendo que a produção de leite é um dos principais ofícios desenvolvidos pela agricultura familiar, com destaque para região Sul (Cittadin; Monteiro; Studzinski, 2021).

Ainda, de acordo com o Cittadin, Monteiro e Studzinski (2021), o aumento da atividade leiteira no Sul do país ocorreu pelo crescimento da produtividade animal, a qual aumentou 23% entre os anos de 2013 e 2017. No entanto, esse crescimento sugere ao produtor rural adotar novas técnicas de manejo (Huppés *et al.*, 2020) para que o produto seja comercializado pela indústria, liberado pelos órgãos regulamentadores, bem como aceito pelo consumidor final (Rentero, 2019) que, por consequência, acarreta um custo de energia elétrica superior ao comumente usufruído.

Os demais analisados arguiram utilizar menor demanda na propriedade, com nove dos quatorze entrevistados focando nas potências de 100 e de 200 a 300 kW, grande parte argumentou fazer uso dessas potências para o abastecimento de água nas edificações rurais, além de três dos seis que justificaram, também, empregar a potência de 100 a 200 kW na distribuição de água, concernindo com a Figura 1. E como supracitado, a bomba de água emprega motores de alta potência, inferindo na fatura de eletricidade, no entanto, algumas localidades efetuam retiradas dos recursos hídricos presentes na propriedade, sem empregar energia elétrica para esse fim, reduzindo o consumo mensal (Rochfer, 2021). O restante se divide entre as outras

atividades sugeridas na segunda questão, a qual se referia aos processos que consumiam mais energia elétrica.

A quarta questão examinou a existência de um gerador no território agrícola e conquistou como quociente uma porcentagem de 71% de interpelados que mencionaram a ausência do equipamento na área, atingindo 22 avaliados. Antagonicamente, 29% dos examinados relataram possuir o dispositivo, concluindo os nove excedentes, contudo, alguns explanaram sobre o funcionamento do gerador, que opera a partir de combustíveis fósseis como gasolina e diesel.

Em decorrência disso, a utilização da ferramenta é restrita, pois onera custos ao produtor pelo preço de mercado dos combustíveis, os quais apresentaram uma ascendente evolução nos valores em 2021 (GZH, 2021). Segundo Basílio (2021), nos postos, o preço médio da gasolina cresceu em 46%, assim como o etanol que aumentou em 59% e o diesel, ampliado em 45% no ano de 2021, pela desvalorização do real.

Logo, a quinta averiguação estava atrelada a quarta, pois foi discutido com os nove questionados, os quais manifestaram sim ao tópico anterior, a eficiência do gerador em eventos em que houve privação de energia elétrica. De modo geral, 88,9% dos abordados argumentaram que sim, ou seja, oito dos examinados justificaram que o gerador fornecia a quantidade correta de eletricidade reivindicada pela propriedade, de encontro a um único interrogado que declinou nesse quesito, o qual equivaleu a 11,1%.

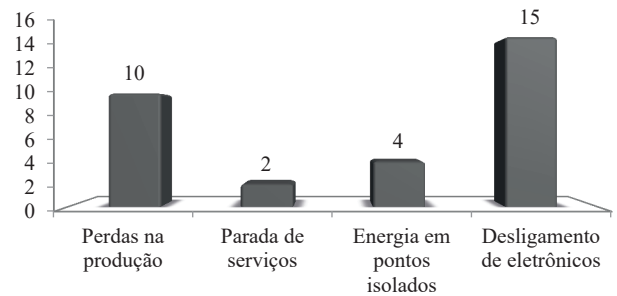
Em princípio, o gerador desempenhava a função adequadamente, porém em um diálogo impessoal, houve ressalvas por seis participantes sobre o equipamento, foi reiterada a eficiência do gerador, contudo, a potência fornecida não suporta o chuveiro elétrico.

Geralmente, os geradores comercializados apresentam baixa potência e/ou baixa qualidade e, portanto, não atendem a demanda potencial do utensílio de lavagem, pois conforme Gomes *et al.* (2021), o chuveiro elétrico é o aparelho ou equipamento de maior intensidade de carga dentro de uma residência, que acentua demasiadamente o consumo de energia elétrica.

A sexta perquisição sondou as vantagens de um equipamento móvel, armazenador de energia elétrica dentro de uma propriedade rural e conquistou como parecer que 48,4% priorizaram o não desligamento/parada de eletroeletrônicos, sucedido de 32,3% que elegeram como maior benefício, o impedimento das perdas de produção.

Do mesmo modo, 12,9% definiram que era primordial o fornecimento de energia a pontos isolados, continuado de 6,4%, os quais denominaram que prevenir a parada de serviço é a maior finalidade do equipamento (Figura 3).

Figura 3 - Vantagens que um equipamento móvel, armazenador de energia elétrica, pode promover dentro de uma propriedade rural



Fonte: dados da pesquisa.

Perante o apresentado, impedir o desligamento de eletroeletrônicos surgiu como alternativa mais acordada, entre uma parcela dos participantes, para o equipamento proposto, pois a falta de energia elétrica infere diretamente no desenvolvimento e na qualidade de vida no meio rural (Viana; Zambolin; Souza, 2017). Além do mais, observou-se, entre as propriedades visitadas, que elevado número de consultados exercia uma atividade irrisória dentro da área rural, dependendo somente da energia elétrica para subsistir naquele local, o que converge com o resultado obtido.

Já outra fração exaltou que impossibilitar as perdas de produção foi o aspecto de maior relevância para o dispositivo, pela relação explícita entre a produção e a utilização de energia elétrica, pois grande parte do maquinário depende do fornecimento de eletricidade (Jordão *et al.*, 2020). Ademais, a interrupção ou fornecimento insuficiente de energia elétrica representa um fator de risco operacional para a produção, bem como para armazenagem em diferentes imóveis rurais, independente da grandeza (Dutra; Gonçalves; Sanches, 2014).

Ainda, uma reduzida porção denotou o fornecimento de energia a pontos isolados como o benefício de maior aplicabilidade da ferramenta, pois genericamente, habitações de difícil acesso, afastadas de grandes centros urbanos e não conectadas a rede elétrica convencional demonstram um déficit em equipamentos para gerar energia individualizada nesses locais (Lima Junior; Pereira; Lira, 2021). Consequentemente, o emprego de módulos fotovoltaicos para o fornecimento de eletricidade, em locais longínquos, se sobrepõe aos motores a diesel e a gasolina (Lima Junior; Pereira; Lira, 2021), os quais dependem dos insumos para o pleno funcionamento.

Esses combustíveis apresentam limitada disponibilidade em pontos isolados e não são facilmente restituídos, pela longitude dos grandes centros, o que impossibilita o abastecimento de energia na propriedade, caso não haja em estoque, a matéria-prima do equipamento.

Para finalizar, um fragmento dos interrogados estabeleceu que se esquivar da parada de serviço é fundamental ao processo, pois a impossibilidade de realização do trabalho em consequência da concessionária de energia, de fato, tem o condão de paralisar todas as atividades da fazenda, causando prejuízos materiais e morais imediatos (Jordão *et al.*, 2020).

Além disso, interrupções não agendadas acarretam atrasos, perdas, retrabalhos e maior tempo ocioso (Alego, 2019). Portanto, formular estratégias e planejar as atividades, sem a intercorrência das possíveis quedas de eletricidade, produz resultados iguais aos trabalhos desenvolvidos de modo contínuo.

Após transcrito o questionamento, investigou-se o interesse dos colaboradores em adquirir o equipamento delineado na indagação anterior e cativou-se como retorno que 96,8% gostariam de adquirir o produto, o que totalizou 30 entrevistados, no entanto 3,2% declinaram do intento de aquisição do dispositivo, simbolizado por um único interrogado.

A justificativa da recusa foi que o gerador compreendido na propriedade desempenhava sua função com eficácia nos declínios de eletricidade, bem como nos períodos de ausência absoluta de energia elétrica. Entretanto, os geradores a base de combustíveis fósseis são prejudiciais ao meio ambiente, por serem equipamentos altamente poluentes (Fantinatti *et al.*, 2020).

Também é importante ressaltar que, atualmente, existem normas e leis de controle de emissões de gases gerados por combustíveis fósseis, por meio do Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias (PREFE), o qual visa redução da poluição, a redução do efeito estufa e a melhora das condições existenciais de pessoas vulneráveis (Fantinatti *et al.*, 2020).

Em continuidade, a questão oito sondou sobre o entendimento dos consultados acerca do sistema *off-grid* de energia solar fotovoltaica e assumiu-se que 93,5% desconheciam o conjunto fornecedor de energia elétrica, arrematando 29 participantes. De outro lado, 6,5% dos questionados, equivalente a dois componentes, entendiam e dominavam a temática, pois foram citados exemplos de dispositivos *off-grid* empregados no meio rural com larga aplicabilidade, pelos contribuintes.

Em consonância com o resultado, Hioki, Von Linsingen e Vila (2022) argumentaram que o desconhecimento e as características da tecnologia são um desafio para implantar o sistema de energia renovável fotovoltaico em comunidades rurais isoladas, além de outros entraves, que se somam a esse, como a análise de mercado que engloba variáveis políticas, econômicas, sociais, legais, entre outras, que interferem diretamente na aquisição do equipamento.

Por fim, o último questionamento se referiu à cifra que o produtor estaria disposto a desembolsar para obter o dispositivo. Observou-se que 87,1% consentiram em despendar em média 15 mil reais para adquirir o instrumento solar, perfazendo 27 integrantes do grupo pesquisado, em contraposição a 12,9% que assentiram em gastar 20 mil reais para mercar a ferramenta fotovoltaica, totalizando quatro membros da equipe examinada.

É indubitável a retração do público explorado nas demais opções da questão, que expressavam valores superiores aos

anteriormente mencionados, talvez por extrapolar o orçamento dos moradores da propriedade ou não julgar o equipamento primordialmente necessário. Entretanto, a hipótese de obter o dispositivo *off-grid* consorciado com residentes próximos foi abordada por alguns dos consultados, independente do valor de mercado.

Ainda, pode-se ponderar por meio da coleta de dados que o grupamento composto pelos produtores, os quais concordaram com a cotação da ferramenta solar em 20 mil reais demandavam mais de 400 kW mensais, no interior da edificação rural, com as diferentes atividades agrícolas.

Após encerrar a minuciosa análise do questionário, identificou-se a necessidade dos produtores, por meio das declarações realizadas e converteu-as em requisitos de clientes, o que concerne com a terceira etapa do projeto informacional. Para esses requisitos foram atribuídas propriedades que exemplificam o significado de cada quesito, a fim de melhor esclarecê-los (Quadro 1).

Quadro 1 - Requisitos dos clientes com seus respectivos atributos

Item	Requisitos dos Clientes	Atributos dos Requisitos
1	Ter fornecimento adequado de energia elétrica;	Número de painéis dimensionados, segundo a demanda energética.
2	Ter padrão de peças;	Utilizar painéis com um número fixo de células e baterias com a mesma amperagem.
3	Ter adequado armazenamento de energia elétrica;	Número de baterias dimensionadas, segundo os painéis empregados.
4	Ter mobilidade;	Possuir componentes (rodas) que facilitem a locomoção dentre os diferentes pontos da propriedade.
5	Ter peças de fácil reposição;	Exibir peças comuns, de fácil aquisição. Apresentar peças preferencialmente fabricadas e comercializadas no Brasil.
6	Ter fácil acesso as informações;	Possuir pictogramas de segurança e operação no equipamento, além de um manual para elucidar o funcionamento.
7	Ter custo acessível para aquisição;	Valor de mercado aceitável aos produtores de unidades familiares e boa relação custo/benefício.
8	Ter baixo peso;	Baixa massa específica para permitir a movimentação.
9	Ter regulação nos painéis fotovoltaicos;	Componente de regulação para modificar a inclinação dos painéis de acordo com a latitude do local.
10	Ser eficaz no abastecimento de energia elétrica.	Proporcionar energia elétrica apropriada para as atividades desenvolvidas na propriedade.
11	Ser eficaz na conservação de energia elétrica;	Baterias que preservem a carga elétrica sem descarregar e/ou apresentar cargas adicionais que diminuam a vida útil do componente.
12	Ter carregamento auxiliar das baterias;	Apresentar fonte de carregamento auxiliar para o conjunto de baterias mediante energia elétrica advinda da concessionária.

Item	Requisitos dos Clientes	Atributos dos Requisitos
13	Ter engate adaptável;	Engate adaptável para ser transportada por diferentes veículos rodoviários e agrícolas.
14	Ter manutenção reduzida;	Baixa frequência e menor tempo de manutenção, com elementos duráveis para prolongar a vida útil do dispositivo.
15	Ter manutenção simples;	Itens de fácil substituição e acesso desobstruído para reposição de componentes, sem a utilização de diversas ferramentas, reduzindo o custo da manutenção.

Fonte: dados da pesquisa.

Os demais requisitos não demonstrados foram considerados pela equipe de projeto e serão contemplados instintivamente ou tendenciados por outros requisitos, os quais são facilmente identificados e, por consequência, naturalmente atendidos. Os quesitos não citados foram ter projeto simples, ser segura, ter visibilidade dos sistemas, ser de fácil regulagem e ser inofensiva ao meio ambiente e ser durável.

Como justificativa a exclusão se pondera que o projeto simples preconize o emprego de estruturas usuais, sem inviabilizar a disposição dos elementos, a fim de favorecer os processos de fabricação, montagem e manutenção do equipamento, que é inerente ao projeto. O requisito ser seguro é intrínseco a qualquer máquina e atende as NR 12, NR23 e NR31, bem como a NR 10, específica nesse projeto, por referir-se a instalações elétricas e serviços com eletricidade. O item ter visibilidade dos sistemas é um elemento característico da concepção, que visa demonstrar ao operador o funcionamento do equipamento, além de pontos críticos passíveis de correção. Arelado a isso, ser de fácil regulagem determina acesso aos pontos de regulagem, bem como a utilização de poucas ferramentas para executar a atividade.

O atributo ser inofensivo ao meio ambiente é uma particularidade deste projeto, pois o equipamento objetiva adquirir energia elétrica por meio de energia solar, ou seja, renovável, impedindo que ocorra a poluição do ecossistema, portanto o requisito já foi previamente contemplado na definição do projeto.

O último quesito a não ser incluído é subjetivo a projetos de máquinas agrícolas, pois ser durável recomenda mecanismos resistentes ao desgaste e a corrosão, prolongando a vida útil do equipamento. Essas peculiaridades são características próprias de fabricação dos painéis fotovoltaicos, bem como das baterias utilizadas nos sistemas *off-grid*.

Por fim, os requisitos ser fácil de manobrar e ser de fácil operação não atende ao sistema, pois a área do equipamento não foi delimitada no projeto e o dispositivo não apresenta operações mecânicas relevantes para indicar o atributo, respectivamente. Além disso, ser fácil de transportar e ser confiável não foram demonstrados por exibirem redundância com os outros requisitos mencionados.

A partir disso, aplicou-se o diagrama de Mudge para

avaliar o grau de importância de cada requisito mediante as funções que o produto desempenha em benefício do cliente, hierarquizando-os. Após a execução da matriz, ranquearam-se os requisitos de cliente, os quais foram os mais importantes para o desempenho do projeto (Quadro 2).

Quadro 2 - Requisitos de clientes hierarquizados pelo diagrama de Mudge

Requisitos dos clientes	Classe	Hierarquização (%)
Ser eficaz na conservação de energia elétrica	10	16,72
Ser eficaz no abastecimento de energia elétrica	10	15,72
Ter fornecimento adequado de energia elétrica	9	14,38
Ter adequado armazenamento de energia elétrica	7	11,37
Ter custo acessível para aquisição	6	8,70
Ter padrão de peças	4	6,02
Ter peças de fácil reposição	4	6,02
Ter manutenção reduzida	4	5,35
Ter manutenção simples	4	5,02
Ter regulagem nos painéis fotovoltaicos	3	4,68
Ter mobilidade	3	4,01
Ter fácil acesso às informações	1	0,67
Ter baixo peso	1	0,67
Ter engate adaptável	1	0,67
Ter carregamento auxiliar das baterias	1	0

Fonte: dados da pesquisa.

Em face ao exposto, a classe foi dividida em dez intervalos, com o intuito de melhor agrupá-los e em ordem decrescente para elucidar o grau de importância. Diante do resultado, observa-se a estreita relação entre os primeiros requisitos, da classe dez, com a finalidade do sistema *off-grid*, o qual é oferecer energia constante para o consumidor, por meio de baterias que permitem o armazenamento, para uma utilização posterior (Bhatia, 2016). A ordem dos demais requisitos concerne com o desenvolvimento e progresso do projeto.

Concluída esta fase, realizou-se a conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto, a qual foi a próxima etapa da metodologia, contabilizando-se quatorze atributos referentes ao funcionamento do equipamento, ao atributo básico denominado economia, a manutenibilidade, as dimensões, ao peso, bem como ao controle do dispositivo, os demais itens são implícitos e pressupostos em qualquer delineamento de concepção.

Após esse processo, foi preenchida a matriz da casa de qualidade (QFD), em que foi possível relacionar os requisitos de clientes com os atributos de projeto, no entanto, sem correlacionar os requisitos de projeto entre si. Deliberou-se, entre a equipe de projeto, retirar o telhado da matriz da casa de qualidade, pois as comparações realizadas no interior do telhado podem gerar contradições, as quais comprometem o atendimento das metas estabelecidas. Com isso, os requisitos

de projeto foram hierarquizados sem o telhado (Quadro 3), em ordem decrescente de importância e divididos em três categorias, encontrando-se no terço superior os mais elementares.

Quadro 3 - Classificação dos requisitos de projeto pelo QFD (sem telhado) e os respectivos terços

Hierarquização QFD sem Telhado	Requisito de Projeto	Terço do Requisito
1°	Área de captação solar	Superior
2°	Armazenar energia elétrica	Superior
3°	Capacidade funcional	Superior
4°	Fornecer energia elétrica	Superior
5°	Custo de produção	Médio
6°	Peso total	Médio
7°	Custo de manutenção	Médio
8°	Intervalo entre manutenções	Médio
9°	Carregamento auxiliar	Médio
10°	Tempo de manutenção	Inferior
11°	Vida útil	Inferior
12°	Área do equipamento	Inferior
13°	Tempo de regulagem	Inferior
14°	Número de regulagens	Inferior

Fonte: dados da pesquisa.

Correspondentemente ao Quadro 3, a hierarquização dos requisitos de projeto sem o telhado demonstrou-se concernente com o objetivo proposto, além de priorizar os aspectos técnicos, os quais são essenciais no processo de desenvolvimento da unidade móvel de energia solar em sistema *off-grid*. Observou-se que os itens superiores são diretamente relacionados à funcionalidade do equipamento e destacam a relevância desses requisitos no projeto.

Já os requisitos do terço médio correspondem aos custos de fabricação, bem como ao peso total, o intervalo entre as manutenções e ao dispositivo de carregamento auxiliar, que só apresenta funcionalidade em dias nublados. Consequentemente, esses atributos integram os custos de comercialização, os quais apresentam importância significativa nos equipamentos desenvolvidos para a agricultura familiar, pois os produtores estimam máquinas que demonstrem menores valores comerciais, conforme citado anteriormente, porque viabiliza a aquisição.

Por fim, o terço inferior representa as características de menor predomínio, as quais se relacionam com o ciclo de vida e a dimensão do produto, além de manutenções e regulagens, no entanto, se considera que os elementos adquiridos comercialmente evidenciem uma elevada qualidade, estendendo o período de vida útil do equipamento e reduzindo automaticamente as manutenções do produto.

Perante o evidenciado, os resultados foram adequados e satisfatórios, assim como corroboraram com Anderson *et al.* (2014), os quais alegaram que todo conhecimento obtido com relação ao problema experimentado ao longo da fase de projeto informacional é uma finalização positiva na metodologia empregada.

A última etapa descreve o valor meta de cada requisito e os aspectos indesejados de todos os quesitos (Quadro 4).

Quadro 4 - Especificações de projeto em ordem de importância, obtida pelo QFD, com as respectivas descrições

Requisito	Valor Meta	Aspectos Indesejados
1. Área de captação solar	2m ² ou 70%	Soluções antiquadas na distribuição de painéis solares, que limitem a área de captação solar.
2. Armazenar energia elétrica	90%	Carga insuficiente ocasiona em redução da vida útil do elemento, bem como o descarregamento excedente (>80%) inviabiliza o componente.
3. Capacidade funcional	200 w.h ⁻¹	Valores inferiores implicam no desuso da energia solar, por não suprir a demanda energética.
4. Fornecer energia elétrica	70%	Redução na capacidade de fornecimento de energia elétrica aos elementos energéticos da propriedade rural.
5. Custo de produção	R\$15.000,00	Comprometimento do desempenho e da vida útil, pela qualidade dos materiais.
6. Peso total	500kg	Valores inferiores não comportam os sistemas e superiores impossibilitam a tração por veículos automotores de duas/três rodas.
7. Custo de manutenção	R\$5,00. h ⁻¹	Impedir manutenções corretivas, pois as preditivas podem sanar os problemas e evitar redução na vida útil do equipamento.
8. Intervalo entre manutenções	6 meses	Comprometimento dos componentes pela transportabilidade/ mobilidade do dispositivo.
9. Carregamento auxiliar	10kw.h ⁻¹	Deterioração da unidade armazenadora de energia pela inadequada manipulação.
10. Tempo de manutenção	1 hora	Maiores períodos aumentam o tempo do equipamento estagnado, inferindo na quantidade da energia elétrica adquirida.
11. Vida útil	20 anos	Comprometimento do sistema pelo emprego de componentes inferiores, de má qualidade.
12. Área do equipamento	4m ²	Dimensões amplas influenciam na mobilidade e transportabilidade do equipamento.
13. Tempo de regulagem	15min	Regulagens elaboradas que retardem a operação do dispositivo.
14. Número de regulagens	5	Comprometimento da qualidade do produto pelo atraso na operação e aumento no custo de produção pelo número de regulagens.

Fonte: dados da pesquisa.

Em face ao demonstrado, obteve-se por meio de literatura, testes laboratoriais, cálculos específicos e adoção de técnicas e

práticas durante o projeto, os valores metas de cada requisito, bem como os aspectos indesejados, os quais podem provocar falhas e defeitos no equipamento, se não corrigidos.

Para finalizar, evidencia-se a importância da matriz da casa de qualidade, a qual proporciona identificar a relação e a intensidade existente entre os requisitos, auxiliando no processo de tomada de decisão, à medida que um atributo intervém no outro. Além disso, a execução do método é confiável, embora, delongue-se pelas interações e discussões entre a equipe de projeto, contudo, o resultado é eficiente e seguro (Aragão; Hirota, 2016).

4 Conclusão

É importante o desenvolvimento de equipamento e efetividade da unidade móvel de energia fotovoltaica em sistema *off-grid* fornecedora de energia elétrica para produtores rurais familiares.

Referências

ALEGO (Assembleia Legislativa do Estado de Goiás). Relatório final da Comissão Parlamentar de Inquérito destinada a investigar as causas da má prestação do serviço de fornecimento de energia elétrica pela ENEL. Goiânia: ALEGO, 2019.

ANDERSON, N.L.M. et al. Utilização do QFD como ferramenta para seleção de requisitos de projeto de uma semeadora à tração animal. *Eng. Agricul.*, v.22, n.5, p.426-432, 2014. doi: 10.13083/1414-3984.v22n05a04.

ARAGÃO, D.L.L.J.; HIROTA, E.H. Sistematização de requisitos do usuário com o uso da Casa da Qualidade do QFD na etapa de concepção de unidades habitacionais de interesse social no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 4, p. 271-191, 2016. doi: 10.1590/s1678-86212016000400118.

BASÍLIO, P. Preço médio da gasolina nos postos subiu 46% em 2021, diz ANP; etanol avançou 59%. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/01/03/preco-medio-da-gasolina-nos-postos-de-gasolina-subiu-45percent-em-2021-diz-anp-etanol-avancou-58percent.ghtml>. Acesso em: 14 dez. 2021.

BAXTER, M. Product design: a practical guide to systematic methods of new product development. London: Chapman & Hall, 1995.

BHATIA, S. Solar radiations. In: BHATIA, S. Advanced renewable energy. Nova Déli: Woodhead, 2014. p. 32-66.

BRASIL. Lei 11.326 de 24 de julho de 2006. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11326.htm. Acesso em: 18 out. 2023.

CITTADIN, A.; MONTEIRO, J.J.; STUDZINSKI, T.M. Gestão de custos na produção de leite em uma propriedade de agricultura familiar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 28, 2021, São Leopoldo. Anais... São Leopoldo: ABC, 2021. p. 1-15.

CUNHA, T.H.J.R.; SILVA, A.M.B. Baterias estacionárias e tracionárias aplicadas em sistemas Off-grid e híbridos. In: ENCONTRO DE DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS, 4, 2020, Uberaba. Anais... Uberaba: EDEPA, 2020. p. 1-7.

DUTRA, J.; GONÇALVES, E.; SANCHES, A. Valoração do custo de escassez de energia elétrica e gestão de riscos. *Eletroevolução*, v.72, p.18-23, 2014.

ÉPOCA NEGÓCIOS. Queda de preço de equipamentos faz País dobrar geração de energia solar. 2021. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Sustentabilidade/noticia/2021/01/epoca-negocios-queda-de-preco-de-equipamentos-faz-pais-dobrar-geracao-de-energia-solar.html>. Acesso em: 6 jul. 2023.

FANTINATTI, L.Z. et al. Proposta de criação de uma empresa de geradores portáteis movidos a Etanol- Etanolgen. *Braz. J. Develop.*, v.6, n.12, p.96746-96757, 2020. doi: 10.34117/bjdv6n12-243.

FRANCISCO, C. O mercado de energia solar fotovoltaica: uma análise na perspectiva do produtor. Évora: Universidade de Évora, 2011.

GOMES, F.S.C. et al. Aquecedores elétricos de água em vista das cidades sustentáveis e Internet das coisas. *BTSYM*, v.1, n.11, p.1-4, 2021.

GZH. Infográfico: Veja a evolução do preço da gasolina para o consumidor em 2021. 2021. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2021/10/infografico-veja-a-evolucao-do-preco-da-gasolina-para-o-consumidor-em-2021-ckv8740xv004w017fg0o46xjc.html>. Acesso em: 14 dez. 2023.

HIOKI, A.T.; VON LINSINGEN, C.R.D.; VILA, C.U. Análise macroambiental do Mercado de microgeração distribuída fotovoltaica no Brasil. *Rev. FAE*, v.25, n.1, p.1-26, 2022.

HUPPES, C.M. et al. Análise custo-volume-lucro para ponderação de sistemas de produção leiteira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 27, 2020, São Leopoldo. Anais... São Leopoldo: ABC, 2020. p.1-16.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Sistema nacional de cadastro rural. Brasília: INCRA, 2013.

JORDÃO, L.R. et al. Energia solar como fator de desenvolvimento rural e a produção de leite em Goiás. *Desenvolv. Reg. Debate*, v.10, p.862-884, 2020. doi: 10.24302/drd.v10i0.2827.

LIMA JUNIOR, J.S.L.; PEREIRA, J.I.M.; LIRA, R.L. Sistema individual de energia elétrica com fonte intermitente fotovoltaico off grid implantada em uma habitação ribeirinha no município de Manacapuru- AM. *Braz. J. Develop.*, v.7, n.12, p.118458-118475, 2021. doi:10.34117/bjdv7n12-553.

LOPES, M.M. et al. Custos de produção da pecuária leiteira: estudo em uma instituição federal. *RAGC*, v.5, n.19, p.33-44, 2017.

OTTO, K.N.; WOOD, K.L. Product design techniques in reverse engineering and new product development. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

PAHL, G.; BEITZ, W. Engineering design: a systematic approach. London: Springer, 1996.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2014.

PINTO, R.S.; FONTENELLE, M.A.M. Desdobramento da função qualidade- QFD no processo de desenvolvimento de produtos: Uma aplicação prática. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33, 2013, Salvador. Anais... Salvador: ABEPRO, 2013. p. 1-16.

PUGH, S. Total design: integrated methods for successful product engineering. Massachusetts: Addison-Wesley, 1990.

REIS, A.V.; FORCELLINI, F.A. Obtenção de especificações para o projeto de um mecanismo dosador de precisão para sementes miúdas. *Eng. Rural*, v.17, n.1, p.47-57, 2006.

REIS, L.B. Geração de energia elétrica. Barueri: Manole, 2011.

RENTERO, N. Anuário leite 2019. São Paulo: Embrapa, 2019.

- ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. Product design: fundamentals and methods. Chichester: Wiley, 1995.
- ROZENFELD, H. *et al.* Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SANTOS, L.L. Kikai: máquinas automáticas, identidade visual e melhoria da rotina. Brasília: Universidade de Brasília, 2019.
- SENAR. Energia fotovoltaica. 2021. Disponível em: <https://ead.senar.org.br/cursos/energia-fotovoltaica>. Acesso em: 14 out. 2023.
- SILVA, A.J.; MUNHOZ, F.C.; CORREIA, P.B. Qualidade na utilização de energia elétrica no setor rural: problemas, legislação e alternativas. *Encontro de Energia no Meio Rural*, v.2, n.4, 2002.
- SOLAR. La energía solar. 2020. Disponível em: [https://fjarabo.webs.u11.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20\(Tecnolog%C3%ADa%20Energ%C3%A9tica\)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf](https://fjarabo.webs.u11.es/VirtualDoc/Curso%202013-2014/Energ%C3%ADas%20renovables%20(Tecnolog%C3%ADa%20Energ%C3%A9tica)/2_Solar/Solar_Resumen.pdf). Acesso em: 30 jun. 2023.
- SOUZA, W.A.; SOUZA, R.C.R.; MINORI, A.M. Boas práticas de manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos. *Braz. J. Develop.*, v.5, n.8, p.12779-12791, 2019. doi: 10.34117/bjdv5n8-105.
- VIANA, L.A.; ZAMBOLIM, L.; SOUSA, T.V. Melhoria da qualidade de vida em regiões rurais sem acesso a energia elétrica por meio da geração solar fotovoltaica. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21, 2017, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos: INICEPG, 2017. p.1-6.