



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

NAYANE CAROLINA ALVES

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE
BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA DESSEDENTAMENTO ANIMAL POR MEIO
DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA FAZENDA IBIA, MUNICÍPIO DE COLINAS-TO**

Palmas

2016



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

NAYANE CAROLINA ALVES

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA DESSEDENTAMENTO ANIMAL POR MEIO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA FAZENDA IBIA, MUNICÍPIO DE COLINAS-TO

Projeto apresentado como requisito parcial da
disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Miguel Angelo de Negri.

Co-orientador: Rafael Duarte Boff.

**Palmas
2016**

NAYANE CAROLINA ALVES

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE
BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA DESSEDENTAMENTO ANIMAL POR MEIO
DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA FAZENDA IBIA, MUNICÍPIO DE COLINAS-TO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Miguel Angelo de Negri e co-orientado pelo Professor Especialista em Auditoria, Perícia e Gestão Ambiental Rafael Duarte Boff.

Aprovado em 18 de maio de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Professor Especialista Miguel Angelo de Negri
Centro Universitário Luterano de Palmas

Professor Doutor Reginaldo Naves dos Reis
Centro Universitário Luterano de Palmas

Professora Mestre Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas
2016**

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus por mais esse feito. Para que isso fosse possível, agradeço aos meus pais que me ensinaram que a gente cresce com os golpes duros da vida e também com os toques suaves na alma, mas sempre com respeito, dignidade e honestidade, e a minha irmã que sempre foi um exemplo nos estudos. E não menos importante, ao meu orientador e avaliadores que estiveram me auxiliando na execução deste trabalho. A vocês, dedico esta vitória com minha eterna gratidão.

RESUMO

A problemática da falta de energia e escassez de recursos hídricos no Brasil impulsiona a busca por alternativas mais sustentáveis. Dessa forma, o presente trabalho buscou identificar a viabilidade econômico-ambiental do uso de energia solar para o bombeamento de água para o dessedentamento animal e destacou a importância da adoção de alternativas energéticas sustentáveis. Para tanto, foram realizados comparativos orçamentários e a identificação de impactos ambientais, buscando maior conhecimento da energia solar. Pode-se perceber que o uso de placas fotovoltaicas são viáveis economicamente, por meio dos cálculos do custo da produção solar, e o tempo de retorno ser de curto prazo. A energia solar apresenta mais impactos positivos do que negativos, visto que os impactos negativos podem ser minimizados. A exploração dos recursos naturais está em constante avanço, influenciando uma grande diversificação das fontes de geração de energia elétrica no futuro, em busca de benefícios à população sem prejudicar o meio ambiente, e sem depender de fontes específicas.

Palavras-chave: Alternativas energéticas. Energia solar. Irradiação. Placas fotovoltaicas. Viabilidade. Impactos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The problem of lack of energy and lack of water resources in Brazil boosts the search for more sustainable alternatives. Thus, this study sought to identify the economic and environmental viability of using solar energy for water pumping for animal supply and stressed the importance of adopting sustainable energy alternatives. For that, we performed comparative budget and identification of environmental impacts, seeking greater knowledge of solar energy. It can be seen that the use of photovoltaics are economically viable, through the calculation of the cost of solar production, and the turnaround time is short term. Solar energy has the most positive impacts of the negative that since the negative impacts can be minimized. The exploitation of natural resources is constantly advancing, influencing a wide diversification of sources of electricity generation in the future, seeking benefits to the population without harming the environment, and without relying on specific sources.

Keywords: Energy alternatives. Solar energy. Irradiation. Photovoltaics. Viability. Impacts. Sustainability.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Comparação de sistemas de bombeamento de água.....	26
Tabela 2. Planilha Orçamentária – Custos de instalação de energia convencional..	38
Tabela 3. Custos energia elétrica convencional - Período 10 anos	41
Tabela 4. Custos energia solar - Período 10 anos.....	41
Tabela 5. Custos energia elétrica convencional - Período 2 anos	43
Tabela 6. Custos energia solar - Período 2 anos.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Irradiação solar no Brasil (kWh/m)	20
Figura 2. Irradiação solar na Alemanha (kWh/m)	20
Figura 3. Capacidade solar FV global	21
Figura 4. Composição do módulo fotovoltaico	24
Figura 5. Localização da Fazenda Ibia	34
Figura 6. Fazenda Ibia.....	34
Figura 7. Planilha orçamentária – Custos de instalação de energia fotovoltaica.....	39
Figura 8. Gráfico - Custos energia elétrica convencional	42
Figura 9. Gráfico - Custos energia solar	43
Figura 10. Montagem da estrutura das placas fotovoltaicas	47
Figura 11. Estrutura das placas fotovoltaicas	48
Figura 12. Sistema solar - Implantação	48
Figura 13. Placas fotovoltaicas	49
Figura 14. Local de instalação da bomba	49

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO.....	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
LISTA DE TABELA.....	6
LISTA DE FIGURAS	7
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 DEFINIÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
2.2 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	15
2.3 FONTE SOLAR COMO ENERGIA ELÉTRICA	17
2.4 ASPECTOS SOLARES NO BRASIL.....	18
2.5 ENERGIA ELÉTRICA NA ZONA RURAL.....	21
2.6 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	22
2.6.1.1 Módulo fotovoltaico.....	23
2.6.1.2 Inversor	24
2.6.1.3 Estrutura.....	24
2.6.2.1 Princípios de funcionamento	26
2.6.2.2 Recomendações de instalação	27
2.7 ASPECTOS ECONÔMICOS	27
2.8 ASPECTOS AMBIENTAIS	29
2.9 PERSPECTIVAS FUTURAS	31
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS	33
3.2 ANÁLISE DE DADOS.....	35
3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1 LEVANTAMENTO DE CUSTOS	38
4.2 COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO.....	40
4.3 VISITA TÉCNICA	47

4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE	61
ANEXOS	62

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da década de 70, o Brasil iniciou um cenário de crise energética, o que despertou para as limitações das fontes de energia convencionais, mais perceptíveis com o início das ameaças de falta de energia elétrica ocorrida nos anos 90.

Alcoforado (2011) acrescenta que a questão da crise energética foi acarretada pela falta de preparo por parte do governo, investimentos no setor, incentivo de consumo, baixa das tarifas em momento inadequado e também a dependência de cerca de 90% de energia hidrelétrica. Atualmente, se constata como consequências o aumento nos preços das tarifas e o racionamento de energia elétrica.

A sociedade atual defronta-se com a necessidade de adotar uma estratégia energética, pois no passado acreditava-se que os recursos eram ilimitados. Dessa forma o desenvolvimento de novas tecnologias e o consumo de energia continuaram sem planejamento em longo prazo (PALZ, 1995; INATOMI, UDAETA, 2007).

O avanço do desenvolvimento humano e progresso tecnológico são fatores que estão gerando uma aceleração das alterações climáticas e ambientais (PEREIRA et al., 2006), haja vista que o aumento da demanda e o crescimento do consumo de energia triplicaram após a Revolução Industrial, particularmente no século XX, e com isto, houve o início da industrialização, modernização agrícola, urbanização e crescimento populacional (IPEA, 2010 apud AGUILHAR et al., 2012).

Em virtude destes avanços e a deterioração das condições de vida, grande parte da população que vivia em zona rural, migrou para a zona urbana. O que gerou um foco para o atendimento das necessidades energéticas do país para a grande maioria aglomerada (CRUZ, 2004). Com isto, a energia que chega até a zona rural é, na maioria das vezes, de baixa qualidade.

A principal fonte de energia geradora de eletricidade no Brasil é a energia hidráulica (PEREIRA et al., 2006). Diversos fatores, assim como os relacionados ao aumento de consumo de energia, são também referentes a água. Porém, os índices de desperdício dos recursos hídricos são bem maiores do que o aceitável pela Organização Mundial de Saúde, ou seja, o Brasil desperdiça cerca de 37% (SNIS, 2013), quando o índice aceitável é cerca de 10% a 15%.

Há quase 15 anos foi iniciado o alerta da escassez futura de recursos hídricos, mas não foram tomadas muitas providências, pois a crise hídrica ainda não era tão percebida e assim, desconheciam sua real dimensão (LEAL, 2005). O ciclo hidrológico é atemporal e espacialmente irregular, resultando em regiões abundantes e outras secas.

Diante a problemática da falta de energia, seja ela por disponibilidade ou qualidade, tem-se a alternativa do uso da energia solar fotovoltaica, que traz soluções para a questão energética.

Em se tratando dos problemas hídricos, estes podem causar problemas para a geração de energia quanto para as atividades rurais. Como ao referirem-se as dificuldades de distribuição e entrega de água na zona rural, o que é um gargalo ao dessedentamento de animais, principalmente em larga escala, quando não se pode ser utilizado outro tipo de abastecimento.

Portanto é necessário ter soluções para que não haja a falta de água e o comprometimento da renda dos moradores de zona rural. Assim, é importante notar a viabilidade das alternativas energéticas.

Todas as formas de obtenção de energia causam danos ao meio ambiente, sejam elas consideradas renováveis ou não. É necessário conhecer os impactos e quantificá-los, pois estes não devem comprometer as gerações futuras, desenvolvendo assim um planejamento sustentável (PEREIRA et al., 2005).

Devem-se ser atribuídos pesos para tais impactos e dessa forma verificar a vantagem dos impactos, que são reduzidos se utilizar a energia solar, em que não emite gases poluentes ou não utilizam grandes áreas para sua implantação, entre outros benefícios. O país está em um momento crítico em que devem ser inseridas as novas tecnologias visando custo-benefício e sustentabilidade (INATOMI, UDAETA, 2007).

A utilização de energia solar viabiliza o desenvolvimento de regiões, independente da sua geografia, onde o custo das redes de transmissão de energia convencional é superior ao retorno financeiro do investimento no recurso solar, e, portanto, diminuindo a dependência nas demais fontes de energia, como na hidráulica, em que os períodos de estiagem estão deixando o país em alerta (CANDEIAS; SILVA, TIBA, 2008).

Segundo Bezerra (1990), a energia solar seria uma promissora esperança na solução de um grande número de problemas, além de possuir um potencial

energético renovável e inesgotável em escala humana. As fontes de energia são revestidas de certas peculiaridades e nem sempre estão disponíveis em todos os recantos da Terra, porém o Brasil possui grande potencial para aproveitamento de energia solar, por ser localizado em maior parte na região intertropical (PEREIRA et al. 2006).

Mediante estas premissas, o presente estudo foi realizado para viabilizar um modo alternativo de bombeamento de água para a cultura de pecuária, especificamente no dessedentamento animal, em um local que não possui energia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade econômico-ambiental da implantação de um sistema de bombeamento d'água para dessedentamento animal por meio de energia fotovoltaica na Fazenda Ibia, município de Colinas-TO.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Levantar custos de implantação do sistema de bombeamento por painel fotovoltaico e também tradicional.
- ✓ Comparar os custos de implantação e manutenção do sistema solar versus energia elétrica tradicional.
- ✓ Identificar os impactos positivos e negativos entre o sistema solar para o bombeamento d'água e o tradicional.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente é necessária a busca por alternativas para a manutenção da qualidade de vida bem como a diversificação da matriz energética, tendo em vista o panorama atual energético e a importância do desenvolvimento sustentável do país.

A urgência da necessidade de estudar as perspectivas energéticas em longo prazo é aumentada pelo fato de que muita tecnologia nova deve ser desenvolvida para explorar os novos recursos (PALZ, 1995).

Os aumentos do consumo de energia juntamente com a crise hídrica e a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente estão impulsionando a comunidade científica na busca de desenvolver fontes de energia alternativas menos impactantes, poluentes e que sejam renováveis (ALCOFORADO, 2015).

Desse modo, a possível solução para a nossa realidade é a energia solar devido as nossas condições tropicais com alta incidência solar, com o intuito de minimizar os impactos ambientais (ALCOFORADO, 2015; BEZERRA, 1990; PALZ, 1995).

Visto isso, só há uma maneira de diminuir os vários tipos de poluição acarretados pelo consumo humano de energia em grande escala: o uso direto da energia que domina o clima da Terra (PEREIRA et al., 2006). Pode-se produzir energia útil a partir da radiação solar de tal modo que nenhuma poluição térmica ou química seja causada (PALZ, 1995).

Nas últimas décadas, o Brasil traz um novo paradigma: a necessidade da gestão dos recursos hídricos. Londe (2014) destaca que os desastres relacionados aos recursos hídricos geralmente estão associados à escassez de água (estiagem, seca, dificuldades no abastecimento de água potável, impactos na agricultura).

Para conseguir obter o abastecimento de água para a cultura da pecuária, são necessárias grandes quantidades de água, o que pode ser prejudicial qualquer empecilho no abastecimento para a sobrevivência animal, seja ele por falta de água ou pela baixa potência das redes de energia convencional.

Dessa forma, pela existência de rio próximo a Fazenda Ibia, optou-se pelo bombeamento de água para o abastecimento, através da energia solar fotovoltaica.

Portanto é necessário ter soluções para que não haja a falta de água e o comprometimento da renda dos moradores de zona rural. Assim, é importante notar a viabilidade das alternativas energéticas.

Estes argumentos são suficientes para evidenciar a importância da energia para a humanidade. Na verdade, sem energia não haverá condições de sobrevivência na Terra (PALZ, 1995; PEREIRA et al., 2006).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O sol é uma enorme estrela no qual a Terra se movimenta em sua volta, e esta estrela é a principal fonte de energia para o planeta. Sendo esta a denominada “energia solar”, que é totalmente gratuita e pura, além de ser obtida de uma fonte inesgotável (COMETTA, 2000).

A intensidade da irradiação solar é de cerca de 1367 kW/m^2 , sendo este valor chamado de constante solar. Esta constante é irradiada pelo sol, sendo absorvida pela Terra ou refletida novamente para a atmosfera. Dessa forma, a potência com que a irradiação atinge a Terra é reduzida, devido diversos fatores que variam de acordo com as condições atmosféricas, ou até mesmo a altura do Sol sobre o horizonte (DIENSTMANN, 2009; COMETTA, 2000; CRESESB, 2014).

Desta forma, a luz solar pode ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de determinados métodos, como por exemplo, o sistema fotovoltaico. “A energia solar fotovoltaica é a conversão direta da energia solar radiante em energia elétrica corrente contínua” (CRESESB, 2014).

Ou seja, é a energia obtida diretamente da conversão da luz solar em eletricidade, através de módulos fotovoltaicos interligados entre si, o que é chamado de efeito fotovoltaico.

2.2 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Cometta (2000) explica que o uso do sol se dá desde o início da humanidade, em que utilizavam por meio da arquitetura, absorver a luz e o calor solar, para o aquecimento de ambientes. O sol era a principal fonte de energia, dessa forma os homens dedicavam total adoração a esta estrela.

Em 1839, Edmond Becquerel observou o efeito fotovoltaico pela primeira vez e relatou que o sistema fotovoltaico não utiliza calor para produzir eletricidade, mas é o aparecimento de uma diferença de potencial que produz eletricidade diretamente dos elétrons liberados pela interação da luz do sol com certos materiais

semicondutores nos extremos de sua estrutura, tal como o silício (ALVES, 2009). Posterior a isto, em 1877, W. G. Adams e R. E. Day inventaram o primeiro dispositivo de produção de eletricidade por exposição à luz (BRITO; VALLÊRA, 2006). Porém apenas em 1905, Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico, e assim, em 1921 ganhou o Nobel de Física por sua pesquisa que explicava o fenômeno básico da geração de energia por painéis fotovoltaicos (DIENSTMANN, 2009).

Nos Estados Unidos, em 1953, a Bell Laboratories, por meio de seus químicos, criou a primeira célula solar fotovoltaica (DIENSTMANN, 2009), que é o item principal para o processo de conversão, em que o movimento dos elétrons forma eletricidade em corrente direta (ALVES, 2009). A partir disto, e ao longo dos anos, foram sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas as células solares.

Mesmo sem muito conhecimento sobre as células, a NASA incorporou-as em seus satélites, após um episódio de falha das pilhas químicas ocorrido em 1958, o que gerou confiabilidade ao sistema de energia solar, devido seu sucesso de funcionamento (BRITO; VALLÊRA, 2006). Desde então, todos os veículos espaciais são equipados com células solares.

Portanto, durante a década de 60, o desenvolvimento da energia solar se deu apenas em torno da evolução tecnológica de equipamentos espaciais, o que não era visto como muito econômico. E nesta mesma década, houve as primeiras aplicações terrestres. Segundo Brito e Vallêra (2006), o início dos investimentos para reduzir o custo das células solares deu-se por consequência da crise petrolífera (1973), porém Dienstmann (2009) relata que a queda do preço do petróleo impediu que as tecnologias fotovoltaicas se tornassem competitivas.

Desde então, os estudos já estavam voltados para a redução do custo e o aumento da eficiência das células. Dessa forma, Brito e Vallêra (2006) destacam que em 1998, as células atingiram sua eficiência recorde de 24,7%, o que foi aumentando a cada ano. E a partir do ano de 2001, em que o custo do petróleo teve um novo aumento, a consciência ecológica já havia se espalhado pelo mundo e a busca por energias renováveis tiveram um novo rumo de maior procura e investimento.

Conclui-se então, que os primeiros 25 anos da descoberta da transformação da luz solar em energia focaram-se na busca por melhores eficiências, na procura por custos melhores devido a crise petrolífera e na percepção das ameaças de alterações climáticas, efeito estufa e emissão de gases. Nos dias atuais, busca-se o

maior desenvolvimento da implantação e utilização da energia solar fotovoltaica em vista da necessidade da sustentabilidade, dentre outros fatores (BRITO; VALLÊRA, 2006).

2.3 FONTE SOLAR COMO ENERGIA ELÉTRICA

Tiradentes (2007) destaca que a humanidade vai ser, cada dia mais, dependente da energia, e caso dependa apenas das fontes convencionais, o ser humano terá também cada vez mais dificuldades em obtê-la. É possível notar então, a urgente necessidade de desenvolver novas tecnologias que priorizem o aproveitamento das fontes renováveis.

“A energia solar fotovoltaica tem atributos que a tornam única.” Ela possibilita incrementar a produção rapidamente e se desenvolver a partir da infraestrutura existente no local (ABINEE, 2012). Portanto, nota-se que se torna possível propiciar o desenvolvimento sustentável e preservacionista (TIRADENTES, 2007).

As utilizações da energia elétrica em eletrodomésticos, em iluminação e outros fins, representam a eletricidade como bem de consumo final. Já a utilização para irrigação, motores e outros equipamentos pertinentes à economia, constitui a eletricidade como bem de produção. Ou seja, a energia elétrica pode ser tanto para bem de produção como para bem de consumo final (OLIVEIRA, 1992 apud SCHIMITZ; LOPES, 2009).

Em se tratando do bem de produção, é importante destacar alguns benefícios que o acesso a eletricidade pode trazer, como o desenvolvimento industrial, a elevação da capacidade produtiva, e desenvolvimento de novas atividades econômicas (granjas, pecuária, frigoríficos, armazenamento de grãos, etc.) e outros (BRASIL, 1984 apud SCHIMITZ; LOPES, 2009).

Alves (2009) cita algumas aplicações práticas da energia solar, sendo que esta pode ser utilizada de forma passiva ou ativa. A primeira é caracterizada pela utilização por via da arquitetura. Já a segunda, é subdividida em heliotérmica, fotovoltaica, e a solar térmica. Vale ressaltar que no presente trabalho, será tratado apenas da energia solar fotovoltaica.

2.4 ASPECTOS SOLARES NO BRASIL

Segundo Pereira e seus colaboradores (2006), a engenharia civil necessita de informações e dados confiáveis para a realização de qualquer atividade, assim como para a prática de eficiência energética e conforto térmico, também se torna imprescindível os estudos aprofundados para efetuar, de fato, os projetos. Desta forma, para o uso da energia solar é de grande importância o conhecimento da iluminância natural e do fluxo da radiação solar.

O Brasil é um país localizado, em sua maioria, na região intertropical, e, portanto possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo o ano (PEREIRA et al., 2006; PALZ, 1995).

O Atlas Brasileiro de Energia Solar, realizado por Pereira e colaboradores (2005) tem como objetivo suprir esta necessidade de informações, por meio de estudos realizados e que foram divulgados, no Atlas, os resultados levantados da disponibilidade de energia solar no território brasileiro, sendo estes dados extraídos de 10 anos de informações e imagens de satélites, o que gerou um mapeamento do potencial energético solar do país.

2.4.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS

Por meio de estações de medição existentes em todo o território brasileiro, totalizando 95 equipamentos, é fornecido o mapa do país com as informações de temperatura e visibilidade, por via da base de dados “Global Surface Summary of Day Data”, a partir disto, foram calculados e encontrados valores climatológicos mensais (PEREIRA et al., 2005).

Pereira e seus colaboradores (2005) explicam que outro dado que também deve ser analisado é a refletância da camada de cobertura do solo e de seu uso. Essa refletância varia no transcorrer do ano dependendo do estágio de crescimentos da vegetação, estação do ano e variações interanuais do clima.

A umidade relativa também deve ser analisada, sendo esta a razão de mistura de vapor d’água observada na atmosfera e aquela que prevaleceria em condições saturadas à mesma temperatura. Outro dado climatológico a ser levado em consideração também é a altitude. (PEREIRA et al., 2005).

Os dados climatológicos são importantes, no entanto, estes não são os dados mais essenciais a serem analisados e, dessa forma, não irão interferir no funcionamento do sistema. Visto que o sistema é preparado para diversas alterações climáticas (CRESESB, 2014).

2.4.2 DADOS DE IRRADIAÇÃO SOLAR

Diversos métodos apresentam os dados de irradiação solar global incidente sobre o painel fotovoltaico. Estes dados podem ser fornecidos por valores instantâneos de potência ou por valores de energia por unidade de área. A forma mais comum da apresentação destes dados é por valores médios mensais da energia acumulada ao longo do dia (CRESESB, 2014).

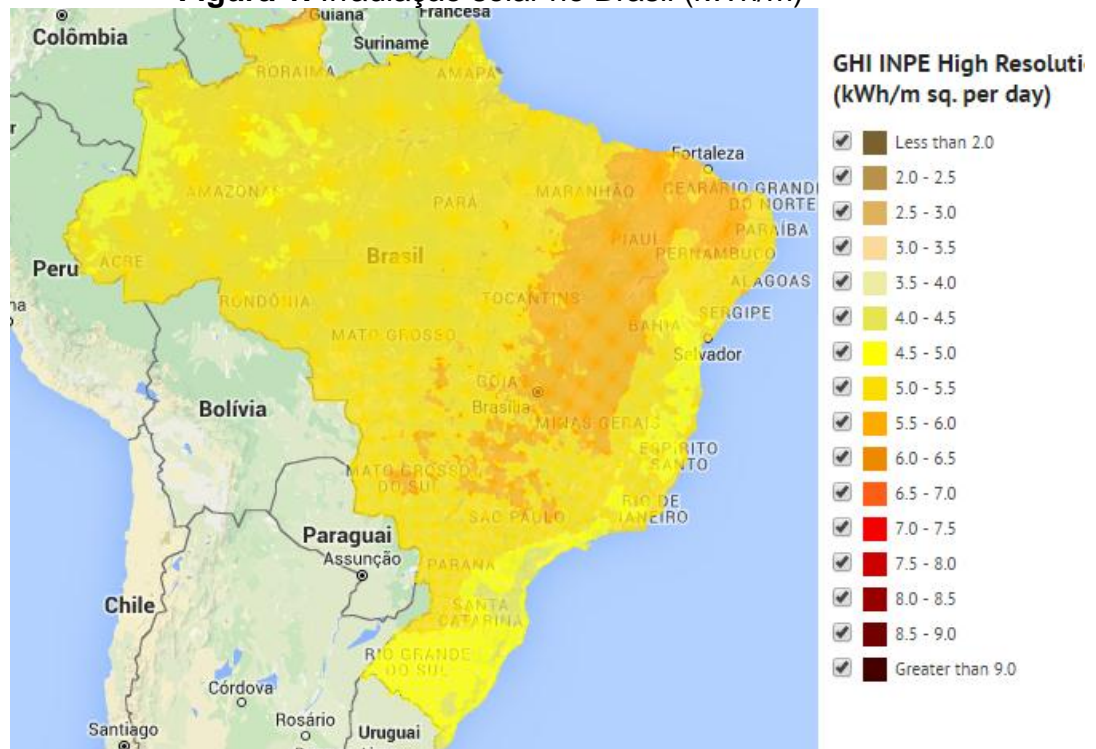
De acordo com a ABINEE (2012), o Atlas Brasileiro de Energia Solar possui um levantamento de dados, realizado por PEREIRA e seus colaboradores (2005), onde demonstra todo o processo de obtenção e fornece os dados de irradiação solar do Brasil. Esse Atlas ou um mapa de irradiação permite estimar a performance de qualquer instalação fotovoltaica, que se deseje executar, em qualquer local do país (RÜTHER, 2004). Ou seja, é possível identificar as regiões brasileiras que apresentam maior irradiação em plano inclinado, tornando viável localizar os locais mais adequados para a instalação de sistemas fotovoltaicos (ABINEE, 2012).

O desenvolvimento de qualquer dimensionamento ou projeto é baseado na base de dados do projeto SWERA (ABINEE, 2012), conforme apresentado na Figura 1, o mapa do Brasil com os dados de irradiação por dia.

No Brasil, é possível notar regiões que possuem variação de irradiação global entre 4,5 a 6,0 kWh/m² por dia. Entretanto, na Alemanha a irradiação global está entre 2,0 a 3,5 kWh/m² por dia, sendo um dos países com maior desenvolvimento em energia solar. A Figura 2 mostra o mapa da Alemanha com os dados de irradiação por dia.

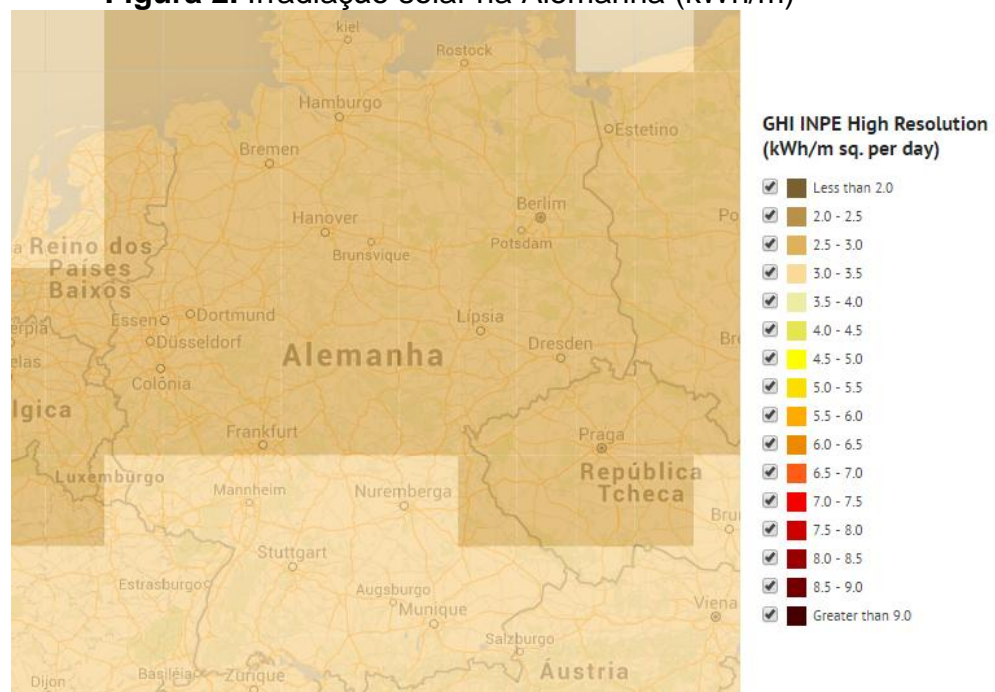
O estado do Tocantins apresenta irradiação de 5,0 a 5,5 kWh/m² por dia, tornando-o uma potência de geração de energia solar fotovoltaica, se existir investimentos e incentivos.

Figura 1. Irradiação solar no Brasil (kWh/m)



Fonte: SWERA, 2015

Figura 2. Irradiação solar na Alemanha (kWh/m)

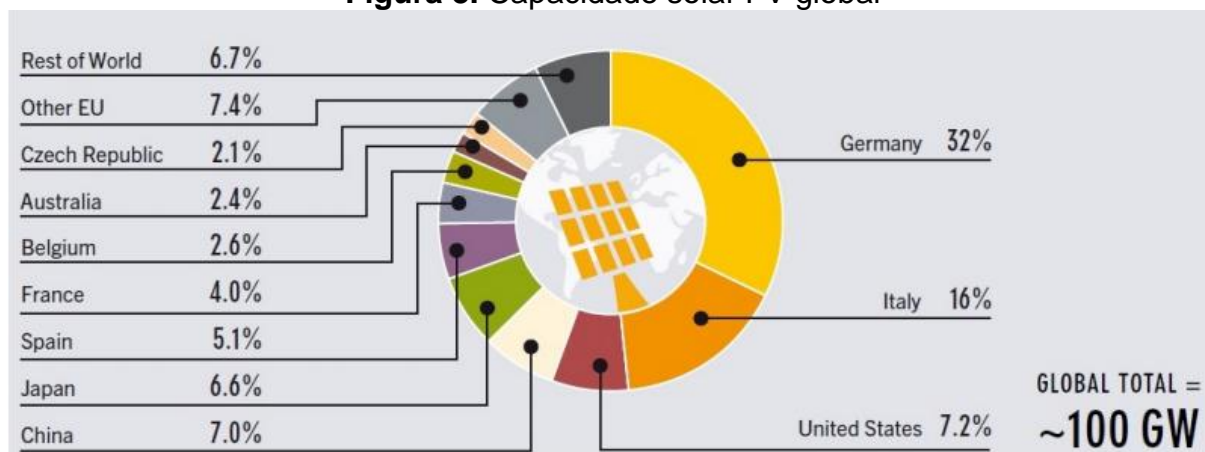


Fonte: SWERA, 2015

Dessa forma, o Brasil possui uma grande vantagem sobre a Alemanha, pelo grande potencial para aproveitamento de energia solar. Porém, a Alemanha ocupa

posições de destaque no ranking mundial de capacidade solar fotovoltaica, representando 32% de capacidade de geração, e isto se deve aos subsídios e políticas de incentivo do governo (CABRAL et al., 2013). Como pode ser observado na Figura 3, o ranking global de geração.

Figura 3. Capacidade solar FV global



Fonte: REN21 apud CABRAL et al. (2013), 2012

Portanto, conclui-se que:

a influência da irradiância solar é muito mais significativa do que a temperatura nos módulos. A irradiância pode variar significativamente em curtos intervalos de tempo (da ordem de segundos), especialmente em dias com nuvens, mas a variação da temperatura é amortecida pela capacidade térmica dos módulos (CRESESB, 2014).

2.5 ENERGIA ELÉTRICA NA ZONA RURAL

Segundo Schimitz e Lopes (2009), em se tratar de energia elétrica em áreas urbanas, o foco preocupante se torna apenas em torno do valor da tarifa, nas quedas de energia ou nos postes atrapalhando o fluxo de pedestres. O morador urbano está tão acostumado com a energia elétrica que não cogita uma vida normal sem o acesso a este produto.

Porém, grande parte da população que vive na área rural jamais usufruiu dos benefícios da eletricidade. Deve-se atentar ao fato que a população rural apenas por ser nomeada como “rural”, não significa que não possui poder aquisitivo (IICA, 2011).

É impensável o acesso às mesmas infraestruturas urbanas para a área rural, visto que nesta região o consumo é baixo, e dessa forma torna-se inviável técnica e economicamente. A maior dificuldade é que os consumidores estão locados geograficamente de forma dispersa e a instalação da rede às vezes não consegue ser bem elaborada pelo aspecto geográfico. Dessa forma, as concessionárias não possuem interesses em realizar grandes investimentos, onde trará pouco retorno financeiro (SCHIMITZ; LOPES, 2009).

A falta de investimento nas zonas afastadas é uma grande falha no mercado, pois o acesso à eletrificação gera impactos positivos, como o aumento da demanda de equipamentos elétricos, redução das importações de petróleo, e outros, visto que estes impactos refletem no mercado em geral (IICA, 2011; SCHIMITZ; LOPES, 2009).

2.6 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

“O uso de sistemas de bombeamento acionados com módulos fotovoltaicos é hoje uma realidade” (ALVARENGA, 2015), esses sistemas são eficientes, confiáveis, necessitam de pouca manutenção e resolvem o problema de abastecimento de água.

Biggi (2013) explica que os sistemas fotovoltaicos são classificados em autônomos e interligados à rede, dessa forma, os sistemas autônomos podem ser fornecedores de corrente contínua, corrente alternada ou fornecedores de ambas as correntes, e os sistemas interligados à rede são aqueles em que os módulos fotovoltaicos são apenas complementares ao sistema de energia conectado e não armazenam energia, e toda a energia gerada é entregue à rede.

O bombeamento de água é uma aplicação do sistema autônomo, sendo este sistema o adotado para a maioria dos locais onde se necessita armazenar água, por exemplo, ou alimentar cargas à noite ou em períodos nublados (BIGGI, 2013).

2.6.1 COMPONENTES DO SISTEMA

A CRESESB (2014) cita que o desenvolvimento de acessórios com qualidade e duração para sistemas fotovoltaicos é bastante desafiador para os cientistas e estudiosos, pois a vida útil dos módulos é de cerca de 70 anos, e garantia de 25 anos, sendo imprescindível adaptar os acessórios para a realidade dos módulos, tendo em vista a busca por eficiência de todo o sistema.

O sistema de energia fotovoltaico é composto por um conjunto de módulos fotovoltaicos e um conjunto de equipamentos, dessa forma, levando-se em consideração o sistema fotovoltaico para o bombeamento de água, os componentes do sistema são: módulo fotovoltaico, inversor e estrutura de instalação (ALVARENGA, 2015).

2.6.1.1 Módulo fotovoltaico

Zilles et al. (2012) explica a composição da célula fotovoltaica:

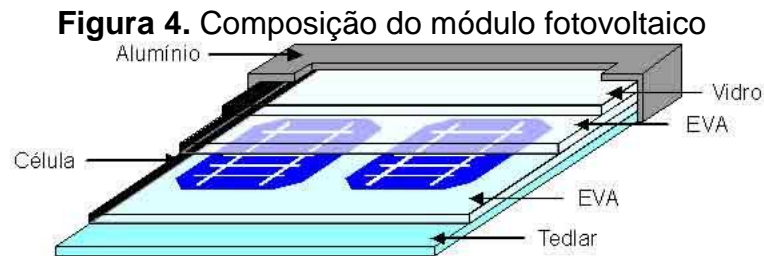
As células fotovoltaicas são fabricadas, em sua maioria, com lâminas de silício, mono e multicristalino, com área entre 50 cm² e 150 cm² e espessura entre 0,2 mm e 0,3 mm. A aparência externa de uma célula é a de uma lâmina circular ou quadrada, com tonalidade entre o azul-escuro e o preto. A parte superior da célula apresenta raias de coloração cinza que são constituídas de material condutor e têm a finalidade de coletar as cargas elétricas geradas quando as células são expostas à luz solar.

Dessa forma, o conjunto de células fotovoltaicas são agrupadas em série e paralelo, e assim constituem um módulo fotovoltaico (ZILLES et al., 2012). O conjunto de células ligadas em série aumentam a tensão do conjunto e em paralelo incrementam a corrente (BIGGI, 2013).

Zilles e colaboradores (2012) explicam a composição do módulo fotovoltaico:

O módulo fotovoltaico é composto, além das células, por pequenas tiras metálicas responsáveis por interligar as células e fornecer contatos externos de saída; por um material encapsulante disposto diretamente sobre as células, normalmente um polímero transparente e isolante (EVA – acetato de vinil-etila); por um vidro temperado e antirreflexivo para a cobertura frontal; por uma cobertura posterior, normalmente feita de polifluoreto de vinila; por uma caixa de conexões localizada na parte posterior do módulo; e por uma estrutura metálica que sustenta todo o equipamento.

A Figura 4 mostra esta composição de forma sucinta:



Fonte: CRESESB, 2014

2.6.1.2 Inversor

Este equipamento é necessário no sistema fotovoltaico quando se precisa transformar a corrente em alternada. O inversor é chamado também de conversor CC/CA, que utiliza um mecanismo de chaveamento para alternar o fluxo de corrente (SÁ, 2010) e dessa forma, transforma a corrente contínua em corrente alternada, e assim possibilita alimentar aparelhos convencionais (BIGGI, 2013).

Para o dimensionamento do inversor a ser utilizado, deve ser considerada algumas características, como os níveis de tensão e corrente, eficiência de conversão, flexibilidade de instalação, durabilidade e segurança (ZILLES et al., 2012).

2.6.1.3 Estrutura

A ABINEE (2012) explica que:

Hoje no país a maior parte das empresas que atuam no segmento fotovoltaico trabalha com a integração de sistemas. De forma geral, essas empresas importam módulos e inversores e adquirem os demais componentes no mercado nacional, sempre que possível.

Os demais componentes são relativos à estrutura do sistema, vale ressaltar que todos os componentes são protegidos contra intempéries para garantir a durabilidade juntamente com o módulo (CRESESB, 2014).

A estrutura refere-se ao cabeamento e a estrutura metálica para suporte dos painéis, que pode ser de alumínio ou aço inox (ABINEE, 2012).

2.6.2 BOMBEAMENTO DE ÁGUA POR SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICOS

Tendo em vista o avanço tecnológico experimentado nos últimos anos pela tecnologia de bombeamento, este tem migrado rapidamente para o uso de motor elétrico, o que consequentemente aumenta a produtividade e rentabilidade financeira de acordo com sua utilização (SCHIMITZ; LOPES, 2009).

Fraidenraich e Vilela (1999) destacam que:

Nenhuma técnica de bombeamento, por si só é adequada para todas as aplicações existentes. Cada tipo de sistema de bombeamento tem um campo de aplicação para o qual resulta ser mais adequado. As bombas solares são especialmente úteis para demandas de quantidades medianas de água, tal como as requeridas por pequenos povoados de 100 a 1000 habitantes, e para o atendimento de necessidades agrícolas moderadas.

A energia solar fotovoltaica obteve um grande avanço tecnológico que já pode satisfazer técnica e economicamente as necessidades hídricas dos seres humanos. Assim, até o ano de 1990, haviam cerca de 10.000 sistemas instalados no mundo, e estudos indicam haver cerca de 150.000 sistemas de bombeamento fotovoltaico instalados até o ano de 2010 (FREDIZZI; SAUER, 2002). Os autores destacam ainda que deste total, o Brasil possui cerca de 3.000 sistemas em seu território, porém possui um potencial muito maior, tendo em vista a dispersão geográfica da área rural e o déficit de abastecimento de água e/ou energia elétrica nestes locais.

Fraidenraich e Vilela (1999) mostram que ao se tratar do bombeamento de água, é possível notar diversas vantagens e desvantagens relacionadas às bombas, dispostas na Tabela 1:

Tabela 1. Comparação de sistemas de bombeamento de água

Tipo de Bomba	Principais vantagens	Desvantagens
Bomba Manual	<ul style="list-style-type: none"> • baixo custo; • fácil manutenção; • não necessita de combustível; • pode ser usada com poços escavados manualmente. 	<ul style="list-style-type: none"> • manutenção frequente; • baixo fluxo de água; • demanda tempo e energia que se poderia usar com mais produtividade em outras atividades.
Bomba Solar (acionada por geradores fotovoltaicos)	<ul style="list-style-type: none"> • pouca manutenção; • não necessita combustível; • fácil de instalar; • confiável; • grande durabilidade; • funciona sem supervisão • poucos custos repetitivos; • sistema modular, fácil de adaptar à demanda. 	<ul style="list-style-type: none"> • investimento inicial elevado; • menor produção em climas com baixo recurso solar.
Bomba Diesel	<ul style="list-style-type: none"> • inversão de capital moderada; • pode ser portátil; • tecnologia bem conhecida; • fácil de instalar. 	<ul style="list-style-type: none"> • manutenção inadequada reduz sua vida útil; • combustível caro e abastecimento irregular; • problema de ruído e poluição.

Fonte: FRAIDENRAICH; VILELA, 1999

Fredizzi e Sauer (2002) ressaltam que é importante notar que esta aplicação é a que mais se desenvolveu no âmbito da utilização rural da tecnologia fotovoltaica. Dessa forma, o dimensionamento se dá, levando em consideração a carga hidráulica, a eficiência dos componentes do sistema e o nível de radiação solar local.

2.6.2.1 Princípios de funcionamento

As células captam a energia solar através de um processo totalmente químico, decorrente da excitação dos elétrons, na qual resultam em energia de corrente contínua, dessa forma, o inversor atua alternando a corrente e as características desta energia obtida. Isto se deve ao fato de que os equipamentos

utilizados atualmente são em corrente alternada, diferente da corrente obtida, que é a contínua (ABINEE, 2012).

Os sistemas fotovoltaicos tem uma característica básica onde deve possuir uma unidade de controle de potência (CRESESB, 2014).

2.6.2.2 Recomendações de instalação

O projeto deve ser elaborado por profissional habilitado, acompanhado da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Dessa forma, a instalação dos condutores deve obedecer a NBR 12269/ 1992 que orienta a posição geográfica na qual o módulo deve ser instalado, sendo este voltado para o norte com um desvio gráfico de 30° desta direção, e a norma também orienta que o ângulo de inclinação deve ser igual ao da latitude do local acrescido de 10° (ALVES, 2009).

A CRESESB (2014) explica que para alimentação de equipamentos de corrente alternada é necessário o inversor, no qual, otimiza a potência final produzida.

Palz (1995) relata que as estruturas devem ser projetadas segundo alguns critérios como: baratas, leves, e resistentes aos ventos mais fortes, visto que uma vez montados os painéis, devem ser fáceis de fixar no solo ou sobre ele, e adaptadas para uma montagem fácil dos painéis.

É imprescindível verificar o fator de capacidade, este mede a qualidade da instalação fotovoltaica, considerando que depende da irradiação solar (recurso primário) e do fator de desempenho do sistema. Dessa forma, percebe-se que há sempre uma porcentagem de energia que não é aproveitada pelo sistema, e isto ocorre devido a algumas razões como: perdas nos inversores, sombreamentos, acúmulo de poeiras ou sujeiras nos módulos, perdas nos cabos, e diversos outros motivos (ABINEE, 2012).

2.7 ASPECTOS ECONÔMICOS

Segundo Biggi (2013), o grande gargalo para o avanço da tecnologia gira em torno do seu custo, pois o custo elevado inibe a demanda, e a demanda reduzida

mantém o custo elevado. O custo da energia solar viabiliza a sua utilização em aplicações em regiões remotas, como em locais isolados, onde o custo da eletrificação pela rede convencional é demasiadamente alto com relação ao retorno financeiro do investimento (BRITO, 2009).

O custo do sistema fotovoltaico é bastante competitivo em relação ao convencional, ou seja, o sistema fotovoltaico tem o preço inicial bem elevado, enquanto o convencional e sistemas de bombeamento a motores de combustão interna têm custos de manutenção cada vez mais altos, ao longo do tempo (FRAIDENRAICH; VILELA, 1999).

Silva (2009) destaca que é de grande importância instalar os painéis com o devido cuidado e ter conhecimento do local correto a se instalar, pois o painel gasta cerca de 2 ou 3 anos do quantitativo de energia que ele produz para ser fabricado. Dessa forma, a má instalação não trará o retorno energético e financeiro devidamente esperado. Um painel em condições de funcionamento normais e instalado em local devidamente exposto ao sol produzirá cerca de 10 vezes mais energia do que aquela que foi gasta no seu fabrico, se considerado um painel de tempo médio de vida de 30 anos.

Palz (1995) explica que para avaliar o custo do uso da energia solar e paralelamente da energia convencional utilizada é necessário utilizar no mínimo de 10 a 20 anos no futuro para os cálculos. Segundo o mesmo autor, tais estimativas de custos são aleatórias, visto que constantemente têm-se novidades tecnológicas, porém é notório que existe a competitividade com relação às energias convencionais utilizadas.

Um levantamento realizado e publicado pela ABINEE (2012), indica que o preço médio do módulo fotovoltaico chegou a 1 €/Watt, e estes preços estão numa trajetória declinante, chegando a até 0,7 €/Watt, sendo estes os preços vendidos na Alemanha. Outros componentes inclusos no custo do sistema são os equipamentos, como estruturas, cabos, e quadros; os serviços, que englobam o projeto básico e executivo de engenharia, autorização na ANEEL, licenciamento e instalação; e, por fim, a aquisições de terras, que variam de acordo com o caso, estes itens acrescentam cerca de 50% no valor do módulo e inversor, compondo então o preço final do sistema.

Por exemplo, o preço dos módulos e inversores fica em torno de 1,19 €/Watt (1 €/Watt + 19 €/Watt), acrescentando o custo referente aos componentes

acessórios para instalação, o preço do sistema gira em torno de 2,34 €/Watt, ou seja, cerca de 6 R\$/W ou mais (ABINEE, 2012). No Brasil, atualmente encontra-se painéis a cerca de R\$ 6,00 a R\$ 8,00/Watt (SOLAR, 2015).

É de extrema importância recorrer a modelos de análises que verificam tanto os custos do investimento quanto os benefícios por ele adquiridos, para verificar a viabilidade do investimento. Dessa forma, para realizar as análises necessárias, alguns métodos econômicos são: a taxa de retorno, relação custo/benefício/ custo da vida útil (PEREIRA et al., 2005).

O custo da central de energia fotovoltaica é estimado pelos seguintes critérios: relação entre o custo dos painéis por unidade de área e a energia produzida, e o custo do condicionamento da potência (PALZ, 1995). Dessa forma, é possível realizar uma primeira comparação das fontes de energia através da análise destes critérios (PEREIRA et al., 2005).

2.8 ASPECTOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais gerados enquanto produz-se qualquer tipo de energia tem sido discutido pelo mundo todo, desde a conscientização da gravidade deste assunto. Contudo, a sustentabilidade é um tema que ganhou maior atenção do meio acadêmico, sendo discutido em vários segmentos. Devido à conscientização, que traz o desenvolvimento de pesquisas científicas, relacionada aos impactos ambientais promovidos pela própria humanidade para o desenvolvimento, o que consequentemente pode tornar o limite do mesmo, além de causar danos custosos, reversíveis ou até mesmo irreversíveis (INATOMI; UDAETA, 2007).

Para estimular o uso da energia solar, Silva (2007) relata que:

(...) o investimento em pesquisa e divulgação dos benefícios da utilização dessas fontes poderia ser mais explorado, já que, para o ambiente, a degradação seria bem menos do que a causada pelas fontes de energia convencionais (combustíveis fósseis e hidrelétricas).

Apenas assim, o desenvolvimento da utilização em massa da energia solar pode ser atingida, tanto para uso residencial como usos industriais.

A energia solar é renovável a cada dia, dessa forma, Rocha e Costa (2014) relatam que:

(...) não polui e nem prejudica o ecossistema. Soma características vantajosamente positivas para o sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

Inatomi e Udaeta (2007) destacam que o sistema fotovoltaico é uma alternativa energética sustentável, pois durante sua operação não há emissão de poluentes, entretanto gera alguns impactos consideráveis, que são provocados durante a fabricação dos materiais e componente utilizados.

Dessa forma, Tolmasquim (2004 apud INATOMI, UDAETA 2007) e CEMIG apresenta alguns dos impactos negativos gerados pela energia solar fotovoltaica, sendo eles:

- Emissões e outros impactos associados à fabricação, transporte, instalação e manutenção dos sistemas;
- Emissões de produtos tóxicos durante o processo da matéria prima para a produção dos módulos e seus componentes, tais como ácidos e produtos cancerígenos;
- Ocupação de área para implementação do projeto e possível perda de habitat, dessa forma pode ser utilizadas áreas já construídas (telhados, fachadas, etc.);
- Impactos visuais;
- Riscos associados aos materiais tóxicos utilizados nos materiais (cádmio, gálio, arsênico, ácido sulfúrico, etc.);
- Necessidade de reciclagem das baterias.

Alguns impactos que deixam de ser gerados em função da obtenção da energia solar são destacados por Pereira (2015), sendo:

- Gases poluentes emitidos na atmosfera gerados pela queima de derivados de petróleo;
- Riscos de incêndio;
- Riscos de acidentes em manutenções;
- Área ocupada;
- Dentre outros.

A CEMIG (2012) cita que os países possuidores dos maiores recursos solares poderiam juntos evitar cerca de 148 milhões de toneladas das emissões até 2020, e este número poderia aumentar para 2,1 bilhões em 2050 com o uso de energia solar em diversas aplicações.

Aspectos como, custos reais da energia, garantia de eletricidade (por meio da descentralização da produção de energia), uso racional e otimização dos recursos, deveriam ser identificados em uma política energética com desenvolvimento sustentável (UDAETA, 1997 apud INATOMI; UDAETA, 2007).

Portanto, é importante que sempre seja feito um planejamento sustentável, e a quantificação dos impactos para qualquer tipo de energia a ser utilizada, dependendo também da aplicação a ser utilizada, averiguando a melhor alternativa a ser adotada, tendo em vista o panorama energético do país (PEREIRA, 2015). Visto que “atualmente, o desenvolvimento sustentável é visto como uma necessidade mundial, uma ferramenta para que as gerações futuras tenham condições de sobreviver” (INATOMI; UDAETA, 2007).

2.9 PERSPECTIVAS FUTURAS

A exploração dos recursos naturais está em constante avanço, visando benefícios à população sem prejudicar o meio ambiente. É oportuno mencionar que as experiências com a energia solar no país, apesar de pouco divulgadas, estão gerando resultados positivos, como exemplo disto foram adquiridos sistemas fotovoltaicos para o abastecimento de energia em escolas rurais, na qual o processo licitatório contou com a exigência de execução de testes de qualidade dos equipamentos no seu recebimento, garantia e manutenção dos equipamentos pela empresa vencedora, num período de dois anos após a instalação. Este processo obteve êxito, e está sendo trabalhada a ideia da aquisição de sistemas fotovoltaicos, agora para abastecimento de água (FRAIDENRAICH; VILELA, 1999).

A ABINEE (2012) destaca que “a energia fotovoltaica é uma importante opção tecnológica na transição para um fornecimento de energia com aumento da participação de fontes renováveis em nível global”. Para que isto realmente ocorra, é

importante notar que o recurso solar é abundante e melhor distribuído geograficamente que o petróleo.

A partir disto, a queda de preços esperada nos próximos anos é tamanha que muitos especialistas afirmam que esta forma de produzir energia será competitiva em relação às tradicionais formas de produção, tais como as que utilizam carvão ou gás natural (ABINEE, 2012).

Indiscutivelmente, é possível notar que haverá grande diversificação das fontes de geração de energia elétrica no futuro, alterando totalmente a composição da matriz energética do país, e consequentemente não gerando a total dependência em fontes específicas (PALZ, 1995). Contudo, a ABINEE (2012) ressalta que:

“é importante não confundir o amadurecimento rápido de uma tecnologia com sua participação no mercado. A transição de tecnologia de produção de eletricidade, hoje marginal, em principal, acontecerá em espaço de algumas décadas, não anos”.

3 METODOLOGIA

Para o cumprimento dos objetivos propostos, a metodologia foi desenvolvida por etapas.

Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica, sendo que Rampazzo (2005) descreve que a pesquisa deve ser realizada por levantamento de dados de inúmeras fontes. Levando em consideração este conceito, foi realizado por documentação indireta, ou seja, utilizaram-se referências teóricas publicadas por outros autores em versões impressas e online. O levantamento bibliográfico foi realizado por meio da utilização de artigos científicos disponíveis na internet e livros impressos.

Nessa etapa, buscaram-se conceitos para análises durante a pesquisa. Esta fase é importante na busca de subsídio teórico sobre a temática do trabalho, servindo de base para a pesquisa.

3.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS

A partir da fundamentação teórica apresentada, realizou-se a coleta dos dados, por meio de contato com a empresa instaladora do sistema de energia fotovoltaica. O contato foi feito inicialmente via e-mail, e em seguida pessoalmente, possibilitando assim uma posterior análise.

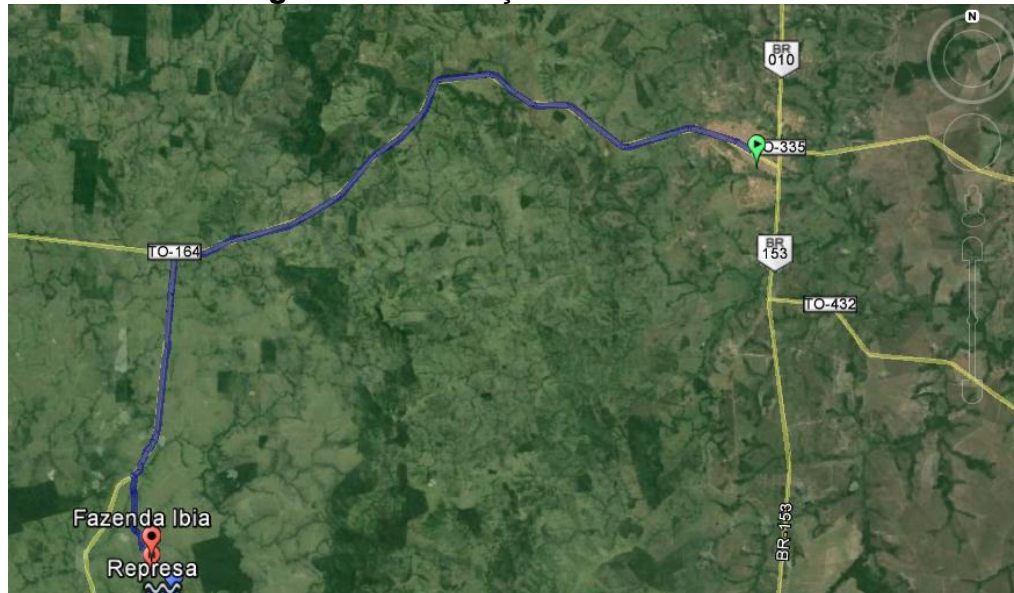
3.1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SOLAR

O local em que foi realizado o estudo de caso, para levantamento e análise dos dados, se trata da Fazenda Ibia, que se situa em Colinas - TO, a cerca de 40 km da cidade, mostrado na Figura 5.

A cidade de Colinas está localizada a 270 km da capital do estado do Tocantins, Palmas. A fazenda está a 8°13'48,46" S de latitude e 48°43'59,30" O de longitude. A escolha desta chácara foi determinada por se tratar de uma área afastada do centro urbano, conforme o desejado para a realização deste estudo,

além de não possuir instalação de energia elétrica via rede de transmissão da concessionária, para o fim desejado neste trabalho, ou seja, não há energia para o bombeamento de água.

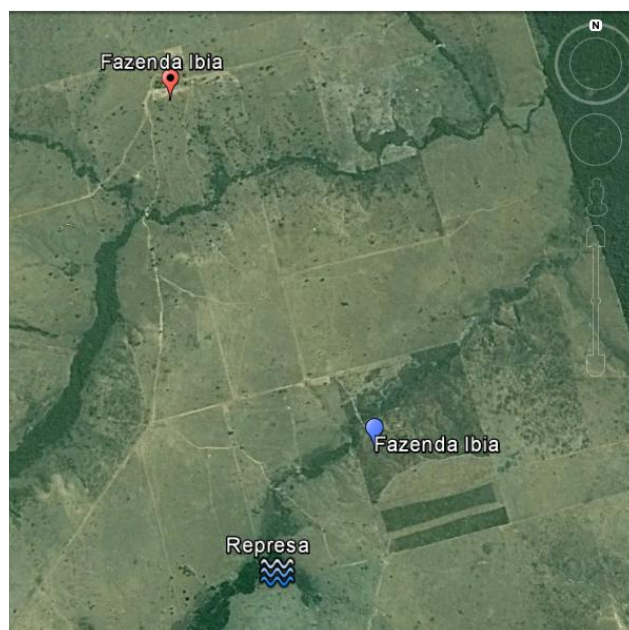
Figura 5. Localização da Fazenda Ibia



Fonte: Google Earth

O local tem em suas proximidades uma represa, a qual é responsável para o abastecimento do reservatório, como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6. Fazenda Ibia



Fonte: Google Earth

3.1.2 PESQUISA ORÇAMENTÁRIA

Inicialmente, foram levantados os dados dos gastos financeiros para a instalação e custeio da energia elétrica pela rede da concessionária local, por meio de contato com a concessionária Energisa, a qual abastece o estado do Tocantins.

Com isto, foram levantados também os investimentos relativos à implantação do sistema fotovoltaico, por meio da empresa instaladora e do proprietário da fazenda.

3.1.3 VISITA TÉCNICA

Nesta etapa foi realizada uma visita técnica ao local da instalação do sistema solar, visando o conhecimento de todo o processo.

Com isto, realizou-se também uma pesquisa de opinião, utilizando o formulário mostrado no Apêndice A, em que foi respondido pelas pessoas envolvidas, e que usufruirão do novo sistema de energia implantado, a partir da eficiência observada.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

A análise se deu da seguinte forma:

Foram dispostos em tabelas e gráficos, os dados relativos ao investimento da energia convencional, e os dados do novo sistema implantado para fornecimento de energia elétrica para o bombeamento de água, além dos gastos futuros previstos relacionados a este sistema. Dessa forma, tornou-se possível realizar o cruzamento e análise dos investimentos de forma comparativa.

Segundo Bulgacov (1998), a análise comparativa permite ampliar as investigações, pois possibilita críticas e alternativas, devido a grande diversidade de setores e sociedades. O autor ainda destaca que “as análises com variáveis contrastantes permitem a melhor compreensão da organização, através do aprofundamento no levantamento das causas e consequências das variáveis permitindo maior foco sobre o todo”.

Para a obtenção de alguns parâmetros referentes ao sistema fotovoltaico, foi calculado o custo de produção do sistema fotovoltaico pela seguinte fórmula:

$$CP = [CAPEX + VP (OPEX)] / VP(EP)$$

Onde, CP é o custo de produção (R\$/kWh), CAPEX é o custo de investimento no sistema fotovoltaico (R\$), VP (OPEX) se trata do valor presente de custos de operação e manutenção (R\$), e VP (EP) refere-se ao valor presente da energia produzida ao longo da vida útil da instalação (kWh). Sendo que este cálculo considera os valores de custo de investimento como uma previsão dos futuros gastos (ABINEE, 2012).

Dessa forma, a viabilidade da energia solar foi medida pela razão direta entre as tarifas de energia convencional com impostos e o custo de produção da energia solar.

$$\text{Indicador de viabilidade} = \frac{\text{Tarifa de energia convencional com impostos}}{\text{Custo de produção solar}}$$

Como parâmetros para a análise, referentes à equação do indicador de viabilidade, foram observados as seguintes situações: relação superior a 1,0 indica para as premissas utilizadas, que a energia solar fotovoltaica é competitiva; relação inferior a 1,0 indica que a energia solar fotovoltaica não é competitiva (ABINEE, 2012).

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

Em se tratando dos impactos ambientais, foram levantados por observação, com base no referencial teórico apresentado neste trabalho e por análise do formulário de pesquisa do Apêndice A respondido pelo proprietário da fazenda.

Foram verificados então, quais impactos são percebidos no sistema de energia convencional versus sistema de energia solar. Assim que identificados, foram listados e descritos.

Para isto, foram feitos comparativos de todos os impactos possíveis, sejam eles positivos ou negativos, relacionados ao sistema de bombeamento de água para dessedentamento animal.

Feito isto, se tornou possível buscar bases para solucionar os impactos identificados, visando a busca pela sustentabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LEVANTAMENTO DE CUSTOS

Os custos de implantação dos sistemas convencional e de energia solar foram levantados, sendo que os custos do sistema convencional são apresentados na Tabela 2 com o detalhamento dos custos de cada item e etapa.

Dessa forma, seriam necessários: a aquisição de uma bomba de R\$ 3.600,00, a instalação de fiação, onde o primeiro 1 km custa R\$ 35.000,00, e os demais custam R\$ 15.000,00 cada, além do aterramento necessário com valor de R\$ 1.500,00. Dessa forma, tem-se um total de R\$ 85.100,00.

Tabela 2. Planilha Orçamentária – Custos de instalação de energia convencional

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA			
Sistema convencional de energia elétrica			
Quantidade	Descrição	Preço (un)	Preço Total
1	Bomba centrífuga CAM Padrão 7,5CV	R\$ 3.600,00	R\$ 3.600,00
1	Aterramento	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
1	Instalação fiação - Primeiro 1 km	R\$ 35.000,00	R\$ 35.000,00
3	Instalação fiação - Demais km	R\$ 15.000,00	R\$ 45.000,00
TOTALGERAL (R\$)			R\$ 85.100,00

Foi utilizado o orçamento da Figura 7, para os custos de implantação da energia fotovoltaica, em que é composto por uma bomba de 7,5CV com custo de R\$ 3.600,00, um inversor de frequência de R\$ 24.990,00, e 34 painéis fotovoltaicos de 255W, custando R\$ 990,00 cada. Resultando em um total de R\$77.190,00, estando inclusos os serviços de mão de obra, frete, etc.

Figura 7. Planilha orçamentária – Custos de instalação de energia fotovoltaica

Incidência Solar Local – Kwh.m2/dia			6
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA			
Kit Bombeamento Solar			
Lista de itens de orçamento I		Valores (R\$)	
Quantidade	Descrição	Preço (un)	Preço Total
1	Bomba centrífuga CAM Padrão 7,5CV	R\$ 3.600,00	R\$ 3.600,00
1	PB7500H	R\$ 24.990,00	R\$ 24.990,00
34	Painel Fotovoltaico Yingli 255 W	R\$ 990,00	R\$ 33.660,00
	Total equipamentos		R\$ 62.250,00
	Materiais p/ instalação, suportes, fiação, torre e etc		R\$ 9.337,50
	Mão de obra, frete e deslocamento de profissionais		R\$ 6.225,00
	Desconto mão de obra (%)	10	R\$ 622,50
	Total Serviços		R\$ 14.940,00
	Adiantamento (R\$)		R\$ 68.973,00
	TOTAL GERAL (R\$)		R\$ 77.190,00

A fazenda precisa de um sistema para bombear água suficiente para 2.000 bois. Considerando que o consumo médio de água para cada boi seja de 60L/dia, serão necessários 120.000 L/dia. Portanto, para este volume de água, foi construído um reservatório circular de concreto, com capacidade de 300m³, considerando o limite do reservatório de 22.000 litros.

A partir dessa necessidade diária, foi dimensionada, pelo proprietário, a quantidade de horas necessárias que o sistema de energia deveria funcionar para bombear a quantidade de água desejada. Sendo esta de 5,45 horas por dia, para uma bomba de 7,5CV.

Por meio dos levantamentos, pode-se notar que o investimento necessário para instalação do sistema de energia convencional da concessionária local é de R\$ 85.100,00, isto se deve ao fato de o local necessário para instalação da bomba não possuir fiação instalada.

A sede da fazenda possui energia obtida da concessionária e já instalada há algum tempo, porém para a utilização da bomba para a dessedentação animal se faz necessário instalar mais 4 km de rede elétrica.

A princípio, o investimento é vantajoso, porém aparentemente apresenta pouca vantagem, em vista da diferença de preço ser somente de R\$ 7.910,00, o que representa cerca de 10% dos valores.

Torna-se importante fazer um comparativo orçamentário, para análise dos valores em questão e verificação da real viabilidade econômica.

4.2 COMPARATIVO ORÇAMENTÁRIO

A Tabela 3 apresenta os custos da energia convencional em um período de 10 anos, incluindo todos os gastos, sendo custos de implantação, custo anual, equipamentos e manutenção necessária para o sistema ao longo deste período.

Dessa forma, para o cálculo da Tabela 3, foi considerado 1CV igual a 1kW/h e o preço deste com impostos igual a R\$ 0,78, e a utilização desta bomba por 5,45h/dia.

$$\text{CUSTO MENSAL} = 7,5 \text{ (CV)} * 0,78(\text{R\$}) * 5,45 \left(\frac{\text{h}}{\text{dia}} \right) * 30(\text{dias}) = \text{R\$ } 956,48$$

Para o período de um mês, com média de 30 dias, serão gastos R\$ 956,48 por mês.

O custo anual da energia convencional serão os gastos mensais, durante um ano, das tarifas a serem pagas para a concessionária local. Portanto este dado foi calculado pelo custo mensal (média de 30 dias) para um ano (12 meses), multiplicado pelo IGP-M (Índice geral de preços do mercado), considerando este de aproximadamente 1,08%. Portanto, serão pagos R\$ 11.477,76 de tarifas no primeiro ano.

O custo de implantação e equipamentos se referem ao investimento já apresentado anteriormente para instalação do sistema. E a manutenção para o sistema de energia convencional se dá através da troca de bomba a cada 2 anos, em que foi calculado o valor da bomba multiplicado pelo IGP-M de 1,16% ao ano.

Tabela 3. Custos energia elétrica convencional - Período 10 anos

CUSTOS - ENERGIA ELÉTRICA CONVENCIONAL				
Anos	Custo anual	Custo de implantação	Equipamentos	Manutenção
1	R\$ 11.477,76	R\$ 85.100,00	R\$ 5.100,00	-
2	R\$ 12.395,98	-	-	-
3	R\$ 13.387,66	-	-	R\$ 4.844,16
4	R\$ 14.458,67	-	-	-
5	R\$ 15.615,37	-	-	R\$ 6.518,30
6	R\$ 16.864,60	-	-	-
7	R\$ 18.213,76	-	-	R\$ 8.771,03
8	R\$ 19.670,86	-	-	-
9	R\$ 21.244,53	-	-	R\$ 11.802,29
10	R\$ 22.944,10	-	-	-
TOTAL	R\$ 166.273,29	R\$ 85.100,00	R\$ 5.100,00	R\$ 31.935,78
TOTAL GERAL				R\$ 283.309,07

Da mesma forma, foram dispostos os mesmos dados para os custos de energia solar, como mostra a Tabela 4. Na qual pode ser observado que há apenas custos de implantação e equipamentos que já foram apresentados anteriormente, sendo compostos pelo custo de implantação, a qual se refere aos materiais e mão de obra para instalação, e o custo dos equipamentos, compostos pela bomba, inversor de frequência e os painéis fotovoltaicos.

Tabela 4. Custos energia solar - Período 10 anos

CUSTOS - ENERGIA SOLAR				
Anos	Custo anual	Custo de implantação	Equipamentos	Manutenção
10	-	R\$ 14.940,00	R\$ 62.250,00	-
TOTAL	R\$ 0,00	R\$ 14.940,00	R\$ 62.250,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL				R\$ 77.190,00

Realizando um comparativo para o período de 10 anos, observou-se que a energia solar apresenta viabilidade econômica em relação ao sistema de energia

convencional obtida pela concessionária. Pois o custo para este período da energia solar ficou R\$ 77.190,00, e para a energia convencional R\$ 288.409,18.

É importante notar que a energia convencional precisará de manutenção, ou seja, a troca da bomba ou reparos a cada 2 anos, devido a garantia ser de apenas 1 ano e a concessionária de energia não conceder nenhuma garantia, além dos gastos mensais tarifários.

Já a energia solar não necessita de nenhuma manutenção, visto que o inversor possui garantia de 7 anos, e os módulos fotovoltaicos de 25 anos, dessa forma, a empresa instaladora concede esse mesmo período de garantia para o restante do sistema, e não apresenta nenhum custo além do valor de investimento para implantação.

A partir do gráfico apresentado na Figura 8, pode-se notar o percentual relativo a cada tipo de despesa, o que torna evidente que o maior desembolso se dá com as tarifas cobradas mensalmente. Sendo que estas não aparecem no gráfico da energia solar apresentado na Figura 9, pois não existirão. Este ponto é totalmente vantajoso para o uso da energia solar, pelo fato de apresentar uma grande economia anual.

Figura 8. Gráfico - Custos energia elétrica convencional

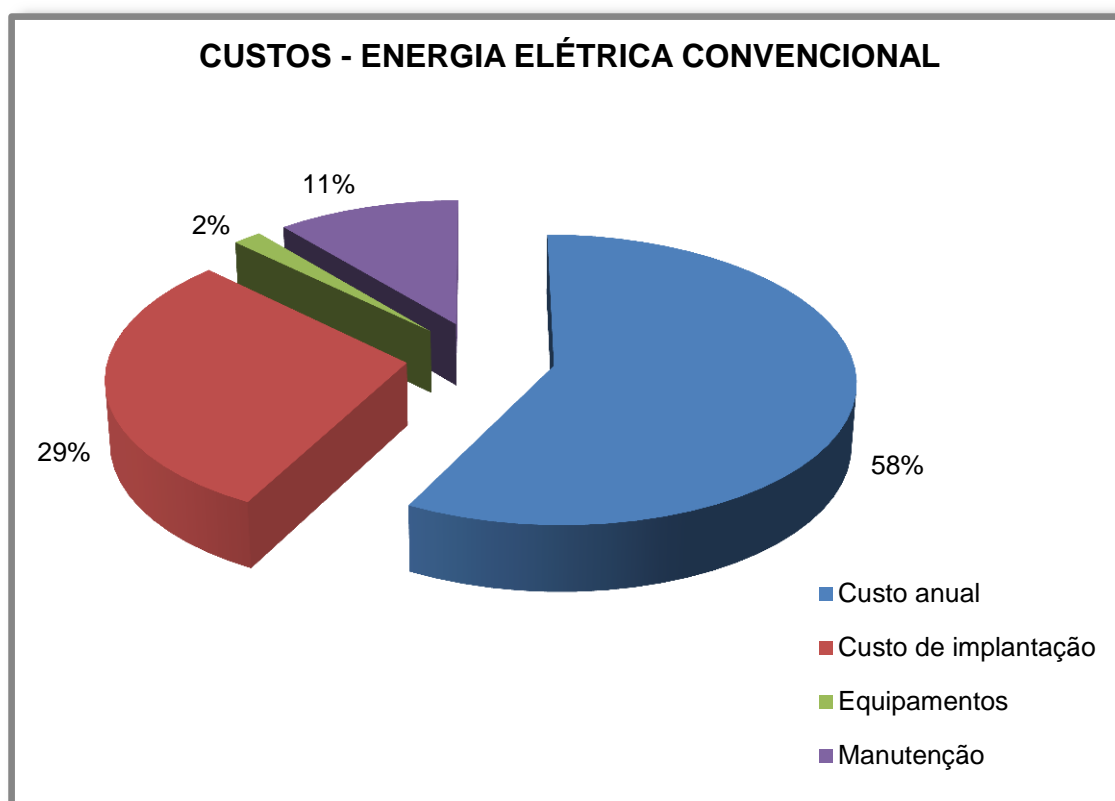
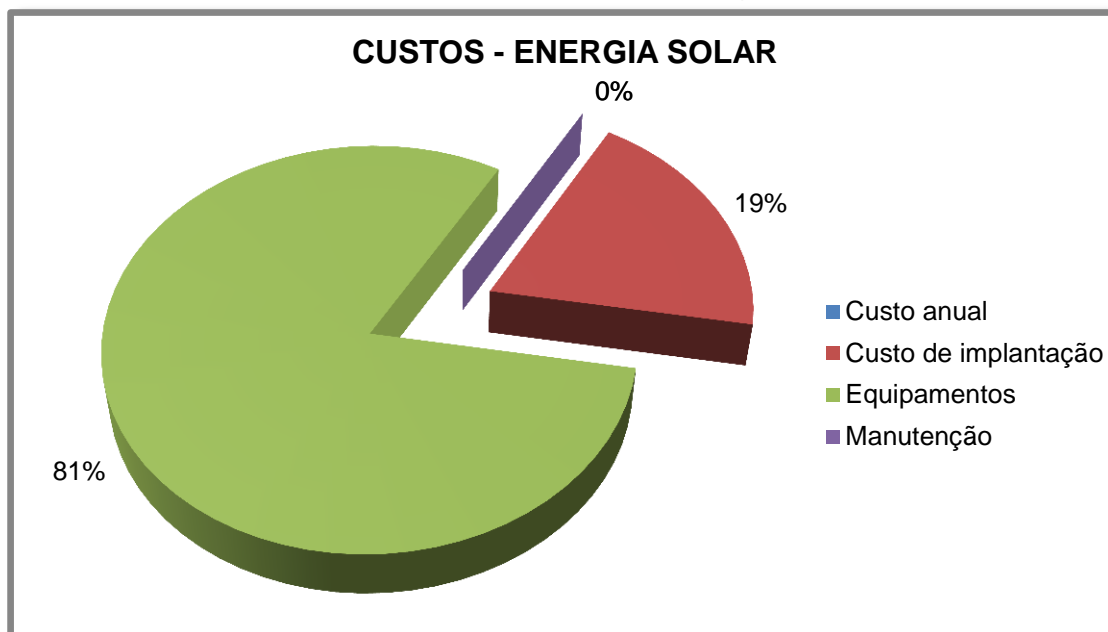


Figura 9. Gráfico - Custos energia solar

É importante analisar as situações para demais períodos. Dessa forma, se diminuir o prazo analisado para 2 anos, os gastos ficam como mostra na Tabela 5, para a energia convencional, e na Tabela 6, para a energia solar.

Tabela 5. Custos energia elétrica convencional - Período 2 anos

CUSTOS - ENERGIA ELÉTRICA CONVENCIONAL				
Anos	Custo anual	Custo de implantação	Equipamentos	Manutenção
1	R\$ 11.477,76	R\$ 85.100,00	R\$ 5.100,00	-
2	R\$ 12.395,98	-	-	-
TOTAL	R\$ 23.873,74	R\$ 85.100,00	R\$ 5.100,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL				R\$ 108.973,74

Tabela 6. Custos energia solar - Período 2 anos

CUSTOS - ENERGIA SOLAR				
Anos	Custo anual	Custo de implantação	Equipamentos	Manutenção
1	-	R\$ 14.940,00	R\$ 62.250,00	-
2	-	-	-	-
TOTAL	R\$ 0,00	R\$ 14.940,00	R\$ 62.250,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL				R\$ 77.190,00

A partir das Tabela 5, pode-se notar que a energia solar não irá variar de valor de acordo com o período analisado, já na Tabela 6 verifica-se que a energia convencional varia por causa dos custos anuais e de manutenção, que neste caso se tratam apenas de 2 anos. Porém, a energia fotovoltaica continua sendo mais interessante financeiramente.

Ao se tratar apenas do sistema fotovoltaico, o custo de produção foi calculado para verificar o indicador de viabilidade. Assim, o custo de implantação somado aos custos de manutenção, divididos pela energia produzida para o período de vida útil do painel.

$$CP = \frac{[CAPEX + VP (OPEX)]}{VP (EP)}$$

$$CP = \frac{[77.190 + 0] (R\$)}{VP (EP)}$$

Ou seja, VP (EP) se trata da multiplicação entre: a quantidade de painéis, potência de cada painel, produção por hora considerando as perdas naturais de 20%, insolação anual no local, horas por dia de geração dos painéis, vida útil. Verifica-se que os painéis irão gerar cerca de 5.794.923,96 kWh para o tempo determinado de produção na vida útil estipulada dos painéis.

$$VP (EP) = 34 * 255 (W) * 80\% (h) * 6 \left(kWh \cdot \frac{m^2}{dia} \right) * 5,45 \left(\frac{h}{dia} \right) * 70 (anos)$$

$$VP (EP) = 34 * 0,255(kW) * 0,8(h) * 6 \left(kWh. \frac{m^2}{dia} \right) * 5,45 \left(\frac{h}{dia} \right) * 25550(dias)$$

$$VP (EP) = 5.794.923,96 kWh$$

Encontra-se então o custo de produção da energia solar, igual a aproximadamente R\$ 0,0133 por kWh.

$$CP = \frac{[77.190 + 0] (R\$)}{5.794.923,96 (kWh)}$$

$$CP = R\$ 0,0133 \text{ por kWh}$$

Como as tarifas de energia convencional aqui calculadas foram para o período de 10 anos, calculou-se o custo de produção da energia solar para este período, visando obter o indicador de viabilidade para o mesmo prazo em função da razão de ambos meios de energia.

$$VP (EP) = 34 * 255 (W) * 80\% (h) * 6 \left(kWh. \frac{m^2}{dia} \right) * 5,45 \left(\frac{h}{dia} \right) * 10 (anos)$$

$$VP (EP) = 34 * 0,255(kW) * 0,8(h) * 6 \left(kWh. \frac{m^2}{dia} \right) * 5,45 \left(\frac{h}{dia} \right) * 3650(dias)$$

$$VP (EP) = 827.846,28 kWh$$

$$CP = \frac{[77.190 + 0] (R\$)}{827.846,28 (kWh)}$$

$$CP = R\$ 0,093 \text{ por kWh}$$

O custo da produção solar resulta em aproximadamente R\$ 0,093 por kWh, possibilitando encontrar o indicador de viabilidade, verificando que as tarifas do sistema convencional incluem os custos de implantação, pois neste caso não há fiação instalada.

$$\text{Indicador de viabilidade} = \frac{\text{Tarifa de energia convencional com impostos}}{\text{Custo de produção solar}}$$

$$\frac{283.309,07}{0,093} = 3.046.334,08$$

Pela razão detalhada acima, verifica-se que a relação entre a energia convencional e a solar possui parâmetro muito superior a 1,0, o que indica que a energia solar fotovoltaica é extremamente competitiva para este estudo de caso, definindo o período de 10 anos como um indicador de retorno financeiro, sendo este um critério escolhido conforme descrito no item 2.7 do referencial teórico.

Esta análise comparativa indica que o que se torna viável, especialmente neste estudo de caso, não é o período analisado, pois os custos com a energia solar se tornaram menores em relação aos custos da energia convencional, independente do espaço de tempo analisado.

Ou seja, o que é viável economicamente é o tipo de energia, neste caso a energia fotovoltaica. Além disto, é uma solução de um recurso para o local de difícil acesso de instalação da energia convencional.

Pode-se dizer que dificilmente o parâmetro indicador de viabilidade será inferior a 1,0 para o sistema de energia solar fotovoltaica para o bombeamento de água em locais afastados da rede de energia convencional, pois neste caso é um consumo alto de energia, em que a convencional gera custo de implantação e tarifas caras. Porém devem ser analisados os tipos de placa, potência e quantidades utilizadas, pois estas influenciam nos cálculos dos custos de energia. Um sistema solar mal dimensionado e/ou instalado poderia gerar uma inviabilidade do sistema.

Indicadores de viabilidade inferiores ao parâmetro 1,0 também podem ser encontrados em locais com baixo consumo de energia e rede instalada, como em algumas residências, por exemplo, se fosse utilizado este sistema aqui dimensionado.

É importante ressaltar que os sistemas utilizados para bombeamento de água, geração de energia e aquecimento de água são diferentes, o que geram análises diferentes e possíveis inviabilidades.

A viabilidade econômica também deve ser analisada em relação a qualidade da energia, ou seja, a energia que chegará até a bomba se usada a energia convencional é muito inferior a qualidade da energia solar. Isto ocorre devido a geração da energia solar ser bem próxima ao local de consumo, ou seja, evita

perdas. Diferentemente das redes de transmissão, que apresentam baixa qualidade já na zona rural, e isto poderia ocasionar falhas no bombeamento, ou vazão não suficiente.

Dessa forma, o sistema solar se torna viável economicamente e não deixará de abastecer o gado, visto que este tipo de energia apresenta maior eficiência.

4.3 VISITA TÉCNICA

Foram realizadas visitas técnicas em busca de conhecimento do sistema implantado. Dessa forma, são apresentados na Figura 10 e Figura 11 um pouco do processo para montagem da estrutura das placas fotovoltaicas.

Figura 10. Montagem da estrutura das placas fotovoltaicas



Figura 11. Estrutura das placas fotovoltaicas



A partir da estrutura, foram instaladas as placas do sistema, conforme mostra a Figura 12 e Figura 13.

Figura 12. Sistema solar - Implantação



Figura 13. Placas fotovoltaicas



Com isto, a bomba é instalada em local protegido conforme mostra a Figura 14 e Figura 15.

Figura 14. Local de instalação da bomba



Figura 15. Local de instalação da bomba



4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Com a aplicação do referido questionário, instrumento de fundamental importância para análise dos objetivos propostos, e com o referencial teórico apresentado, tornou-se possível identificar os impactos ambientais negativos e positivos.

4.4.1 IMPACTOS NEGATIVOS

Na identificação dos impactos que influenciam negativamente para a utilização da energia solar, observou-se a ocupação de área para implantação do projeto, pois neste caso é necessária uma área para instalação de 34 placas, sendo impossível a utilização de telhados, ou aproveitamento de áreas construídas, pela localização da instalação das placas, por causa do fim desejado a ser utilizado.

Os impactos visuais também agem negativamente, devido à retirada da natureza, para construção do sistema, e consequente possível perda de habitat.

4.4.2 IMPACTOS POSITIVOS

Para o bombeamento de água, são verificados os impactos que atuam positivamente, sendo a não emissão de gases poluentes na atmosfera gerados pela queima de derivados de petróleo, para geração de outros tipos de energia diferentes da solar, e/ou funcionamento da bomba.

A energia hidráulica requer grandes áreas inundadas para a geração de energia, o que torna um impacto positivo para a energia solar, que não causa este efeito negativo. Visto que a área utilizada para a implantação da energia solar é muito inferior a área para geração de energia hidráulica, além do esgotamento dos recursos hídricos.

O uso da energia solar evita a situação da falta de energia, ocorrida muitas vezes pelos cortes de energia em função dos problemas hídricos, no caso da energia hidráulica. O que torna um ponto positivo para a energia fotovoltaica, influenciando na economia dos recursos hídricos.

É importante ressaltar que a matriz energética do estado do Tocantins é majoritariamente hidráulica, o que pode sofrer grandes variações em tempo de mudanças climáticas. Já a fonte solar tem perenidade anual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi discutido, verificou-se o grande potencial do estado do Tocantins em irradiação solar, o que viabiliza a utilização de placas fotovoltaicas para a geração de energia, independente do fim desejado.

As análises realizadas possibilitam um embasamento para uma escolha mais crítica em razão do resultado desejado. Então, tornou-se possível notar que o maior gargalo para utilização da energia solar como alternativa energética é a falta de investimento e financiamento no setor, o que seria de grande importância para a maior difusão do desenvolvimento tecnológico dos últimos anos da energia fotovoltaica, além de políticas públicas de incentivo.

Vale ressaltar que com os avanços tecnológicos constantes, os valores da energia solar tendem a diminuir, o que apenas contribuem para a viabilidade econômica entre os tipos de energias.

Mesmo que de maneira preliminar, o referencial teórico contribuiu com informações sobre os impactos ambientais causados pelos meios de energia aqui mencionados, para reforçar o conhecimento profissional permitindo o entendimento mais aprofundado desta questão.

A partir disto, é possível notar que a exploração dos recursos naturais está em constante avanço, influenciando uma grande diversificação das fontes de geração de energia elétrica no futuro, em busca de benefícios à população sem prejudicar o meio ambiente, e sem depender de fontes específicas.

Sendo este um tema atual, em vista que é totalmente viável econômico e ambientalmente a utilização deste meio para o bombeamento de água, faz-se necessário o desenvolvimento de mais investimentos no setor da energia solar, além de ser um demonstrativo expressivo de um desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ABINEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (Brasil) (Org.). **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. Psr, 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2015.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10899**: Conversão fotovoltaica de energia solar. ABNT, 1988. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/160311693/NBR-10899-Projeto-Energia-Solar#scribd>>. Acesso em: 19 set. 2015.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências - elaboração. ABNT, 2002. Disponível em: <<http://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6024**: Informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito-apresentação. ABNT, 2003. Disponível em: <<http://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6027**: Informação e documentação: sumário-apresentação. ABNT, 2003. Disponível em: <<http://viacarreira.com/regras-da-abnt-para-tcc-conheca-principais-normas/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

AGUILAR, Renato Soares de; OLIVEIRA, Lidiane Cristovam de Souza; ARCANJO, Grazielle Louise Ferreira. **Energia Renovável**: Os ganhos e os impactos sociais, ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, out. 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2012_TN_STP_167_970_19670.pdf>. Acesso em: 03 out. 2015.

ALCOFORADO, Fernando. **A atual crise energética do Brasil e seus impasses estruturais**. Revista Brasileira de Energia. 2011. Vol. 1. nº 2. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=14>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

ALTERNATIVA, Solarterra – Soluções em Energia. **Energia Solar Fotovoltaica**: Guia Prático. Disponível em: <<http://www.solarterra.com.br>>. Acesso em: 03 out. 2015.

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Bombeamento de água com energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2015.

ALVES, Raquel Barone de Mello Belloni. **Energia solar como fonte elétrica e de aquecimento no uso residencial**. 2009. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-09/civil-39.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2015.

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <www.idhea.com.br>. Acesso em: 24 set. 2015.

BEZERRA, Arnaldo Moura. **Aplicações práticas da energia solar**: aquecedor de água, fogão, destilador, silo-secador de grãos. São Paulo: Nobel, 1990.

BIGGI, Róger Renó. **O uso da luz solar como fonte de energia elétrica solar como fonte de energia elétrica através de sistema fotovoltaico – SF**. 31 p. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.: il. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=105>>. Acesso em: 27 ago. 2015.

BRITO, Miguel Centeno; **Energia Solar Fotovoltaica**. Urbanismo e Construção, Universidade de Lisboa, nº 688, p. 8-9, 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/190/uso-da-energia-solar-fotovoltaica-no-ambiente-construido-envie-285984-1.aspx>>. Acesso em: 03 set. 2015.

BRITO, Miguel Centeno; **Energia Solar Fotovoltaica**: Repensar as tarifas garantidas?. Mais Ambiente, nº 6, p. 18-21, 2007. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/mais%20ambiente%202007.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2015.

BRITO, Miguel Centeno; SILVA, José A. **Energia fotovoltaica**: conversão de energia solar em eletricidade. Revista O instalador, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/i1.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2015.

BRITO, Miguel Centeno; VALLÊRA, António M. **Meio século de história fotovoltaica**. Gazeta de Física, Universidade de Lisboa. 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em 04 out. 2015.

BULGACOV, Sérgio. **Estudos comparativos e de Caso de Organizações de Estratégia**. O&S, v. 5. N. 11. 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/osoc/v5n11/01.pdf>>. Acesso em 20 mar. 2016.

CABRAL, Isabelle de Souza; et al. **Energia solar: Análise comparativa entre Brasil e Alemanha**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador. 2013. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/X-009.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra; SILVA, Alison Galdino de Oliveira; TIBA, Chigueru. **Planejamento da eletrificação rural em larga escala com energia solar e eólica**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife. 2008. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/153.pdf>. Acesso em: 19 set. 2015.

CAVALIERO, C. K. N. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos regulatórios**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 14. Nº 1. Pág. 9-22. 2008. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwia0tKliZnLAhXFkx4KHagoAzcQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.sbpe.org.br%2Fsocios%2Fdownload.php%3Fid%3D218&usq=AFQjCNGLEm3YQfgTz8etHLBn-3ugwF9_jw&sig2=avmtw8jxXbhU9vFx-8pHKw>. Acesso em: 09 set. 2015.

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Alternativas energéticas: uma visão CEMIG**. Belo Horizonte. CEMIG, 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Alternativas%20Energ%C3%A9ticas%20-%20Uma%20Visao%20Cemig.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

COMETA, Emilio. **Energia Solar: Utilização e empregos práticos**. Tradução de Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus, 2000.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro. CEPEL, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2015.

CRUZ, C. N. P. et al. **Eletificação rural**: Benefícios em diferentes esferas. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100050&script=sci_arttext>. Acesso em: 28 fev. 2016.

DIENSTMANN, Gustavo. **Energia Solar**: Uma comparação de tecnologias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Elétrica, Porto Alegre, 2009.

ENERGIA, Portal (Org.). **Energia Fotovoltaica**: Manual sobre tecnologias, projecto e instalação. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com>>. Acesso em: 08 out. 2015.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história**: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, Nº 17. p. 01-106, 2011. Disponível em: <[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2012,%20n.%2017%20\(2011\)/1.%20Uso%20da%20energia%20ao%20longo%20da%20hist%F3ria.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2012,%20n.%2017%20(2011)/1.%20Uso%20da%20energia%20ao%20longo%20da%20hist%F3ria.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2015.

FERASSO, Clauber André. et al. **Análise do uso de sistema de aquecimento solar na demanda e consumo de energia elétrica em residências populares**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves. 2014. Disponível em: <<http://vbaco01.ucs.br/congressoAnais2014/getArtigo.php?id=175>>. Acesso em: 19 set. 2015.

FERREIRA, Rafael Ramon; SILVA FILHO, Paulo C. da. **Energia solar fv – Geração de energia limpa**. 2015. Disponível em: <<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/1828/1058>>. Acesso em: 09 set. 2015.

FRANKLIN, Taniel Silva. **Simulação de um sistema de bombeamento d'água empregando energia solar fotovoltaica**. 2009. 101 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <<http://www.ppgee.eng.ufba.br/teses/41524ee6f5d6529c4392394f34f821cb.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2015.

FRAIDENRAICH, Naum; VILELA, Olga de Castro. Avanços em sistemas de abastecimento de água com bombeamento fotovoltaico para comunidades rurais.

Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Recife, v. 4, n. 3, p.69-81, set. 1999. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/88510efb3dd1f0fbaa431b2d8ecc6410_474a5f4674083c60c7ab5acc1fc16122.pdf>. Acesso em: 19 set. 2015.

FREDIZZI, Maria Cristina; SAUER, Ildo Luis. **Bombeamento solar fotovoltaico, histórico, características e projetos**. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2002/0041.pdf>>. Acesso em 15 set. 2015.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://espacosustentavel.com>>. Acesso em: 27 set. 2015.

IICA - INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. **Universalização de acesso e uso da energia elétrica no meio rural brasileiro: lições do Programa Luz para Todos**. 2011. 92p. Disponível em: <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6034p/A6034p.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2015.

LEAL, A.C. MARIN. F. A. G. **Educação Ambiental na universidade, nas escolas e na comunidade: a materialização de uma nova cultura de luta pela água**. Projeto de Integração Disciplinar. FCT/ UNESP. 2005. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi-n-Cwh5nLAhXOPB4KHWgQC1MQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unesp.br%2Fprograd%2FPDFNE2004%2Fartigos%2Feixo2%2Feducacaoambientalnauniversidade.pdf&usq=AFQjCNFCg1OA6_2FIOXLeCH00wNUXnQKcw&sig2=nVQ-KZPvqyB4XWC1Kz-pyw>. Acesso em: 26 set. 2015.

LONDE, Luciana de Resende. et al. **Desastres relacionados à água no Brasil: Perspectivas e Recomendações**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, nº 4, p. 133-152, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n4/a08v17n4.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

LOPES JÚNIOR, Álvaro Polido. **Energia solar fotovoltaica utilizada em bombeamentos de água – aplicações e perspectivas**. 2005. 29 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

LTDA, Solenerg Engenharia e Comércio (Org.). **Sistema de bombeamento solar fotovoltaico para baixas vazões**. Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2015.

MARTINS, Paulo Cezar de Souza. Bombeamento Solar. **IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste**. Recife, p.183-190. 2015. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/24207/16211>>. Acesso em: 15 set. 2015.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. 2004. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Acesso em: 02 out. 2015.

NREL, National Renewable Energy Laboratory. **SWERA**. Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=z0JMes%255Bv%255D%3Dt&bL=groad&cE=0&IR=0&mC=-14.647368383896632%2C-46.05468749999999&zL=4>>. Acesso em: 10 out. 2015.

PALZ, Wolfgang. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo: Hemus, 1995.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. il. 60p. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2015.

PEREIRA, M. G. et al. **Avaliação dos impactos socioeconômicos de projetos energéticos – eletrificação rural**: área de concessão da Enersul – MS. Revista Perspectiva Econômica, julho/ dezembro de 2005. Disponível em: <<http://www.perspectivaeconomica.unisinos.br/pdfs/41.pdf>>. 2005>.

PORFIRIO, Anthony Carlos Silva; CEBALLOS, Juan Carlos. **Um método de estimativa de irradiação solar direta normal a partir de imagens de satélite geosestacionário**: resultados preliminares. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE, Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1520.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

RAMPAZZO, Lino. **Metodologia Científica**: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação. 3. ed. São Paulo: Loyola, 2005. 139 f. ISBN 85-15-02498-5. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=rwyufjs_DhAC&pg=PA146&lpg=PA146&dq=Metodologia+Cient%C3%ADfica:+para+alunos+dos+cursos+de+gradua%C3%A7%C3%A3o+e+p%C3%B3s-gradua%C3%A7%C3%A3o&source=bl&ots=9rDIndEqvG&sig=KQCgLuWjcX273SN2Vv329w7fvto&hl=pt->

BR&sa=X&ved=0ahUKEwippcuKiJnLAhUIXR4KHWrvALYQ6AEIlzAB#v=onepage&q=Metodologia%20Cient%3%ADfca%3A%20para%20alunos%20dos%20cursos%20de%20gradua%C3%A7%C3%A3o%20e%20p%C3%B3s-gradua%C3%A7%C3%A3o&f=false >. Acesso em: 29 set. 2015.

ROCHA, L. S. D. R.; COSTA, R. G. D. S. **As vantagens e desvantagens das energias renováveis e não-renováveis**. UNIGRANRIO, 2014. Disponível em: <<http://www2.unigranrio.br/recursos/documentos/ICJr/12ICJr.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2015.

SÁ, Daniel Augusto Pereira de. **Sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água**. 2010. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000529.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2015.

SCHIMITZ, Arno Paulo; LOPES, Glaucio Martinez. **Política Pública de Eletrificação Rural no Estado do Paraná (Programa Luz Para Todos)**: uma análise custo efetividade – 2004/2007. Grupo de Pesquisa: Políticas Sociais Para o Campo. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/727.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2015.

SETTI, Arnaldo Augusto. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Brasília, 2º ed., 207p., 2000. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/introducao_gerenciamento.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2016.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. Políticas públicas para a energia: Desafios para o próximo quadriênio, Laboratório de fontes alternativas de energia do Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/sbpe_2006.pdf>. Acesso em: 03 out. 2015.

SILVA, Guilherme Gonçalves da. **Avaliação ambiental dos benefícios da utilização da energia solar**. Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Goiás. Goiânia. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/AVALIA%C3%87%C3%83O%20AMBIENTAL%20DOS%20BENEF%C3%8DCIOS%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20ENERGI%E2%80%A6.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2015.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (Brasil). Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2013>>. Acesso em: 2 out. 2015.

SOLAR, Equipe Portal. Placa Solar Preço. 2015. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/placa-solar-preco.html>>. Acesso em: 05 mar. 2016.

TIRADENTES, Átalo Antônio Rodrigues. **Uso da energia solar para geração de eletricidade e para aquecimento de água**. 2006. 54 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

ZILLES, Roberto. et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo, 2012.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Formulário de pesquisa de opinião – Eficiência energética

Formulário					
Nome:					
O sistema de energia solar atende os seguintes quesitos?					
1. Como você avalia a eficiência do sistema?					
Ótimo		Satisfatório		Regular	
				Insatisfatório	
					Péssimo
2. A energia produzida está sendo suficiente para o bombeamento realizado?					
Ótimo		Satisfatório		Regular	
				Insatisfatório	
					Péssimo
3. O sistema fotovoltaico parou de funcionar com a variação climática?					
Ótimo		Satisfatório		Regular	
				Insatisfatório	
					Péssimo
Como era o abastecimento antes da instalação dos painéis fotovoltaicos?					
Foi observado algum impacto ambiental (positivo ou negativo)? Caso sim, relate.					
Existem reclamações ou sugestões relacionados ao sistema solar? Relate.					

ANEXOS

ANEXO A – Respostas - Formulário de pesquisa de opinião – Eficiência energética

Formulário					
Nome:					
O sistema de energia solar atende os seguintes quesitos?					
1. Como você avalia a eficiência do sistema?					
Ótimo		Satisfatório		Regular	
2. A energia produzida está sendo suficiente para o bombeamento realizado?					
Ótimo		Satisfatório		Regular	
3. O sistema fotovoltaico parou de funcionar com a variação climática?					
Ótimo		Satisfatório		Regular	
Como era o abastecimento antes da instalação dos painéis fotovoltaicos?					
Foi observado algum impacto ambiental (positivo ou negativo)? Caso sim, relate.					
Existem reclamações ou sugestões relacionados ao sistema solar? Relate.					

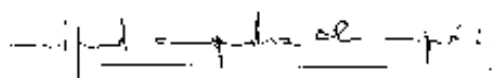
NAYANE CAROLINA ALVES

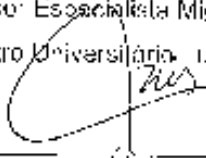
**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-AMBIENTAL DE UM SISTEMA DE
BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA DESSEDENTAMENTO ANIMAL POR MEIO
DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA FAZENDA IBIA, MUNICÍPIO DE COLINAS-TO**

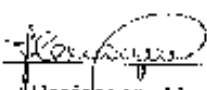
Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina TCC I do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Miguel Angelo de Negri e co-orientado pelo Professor Especialista em Auditoria, Política e Gestão Ambiental Rafael Duarte Boff.

Aprovado em 18 de maio de 2016.

BANCA EXAMINADORA


 Professor Especialista Miguel Angelo de Negri
 Centro Universitário Luterano de Palmas


 Professor Doutor Reginaldo Naves dos Reis
 Centro Universitário Luterano de Palmas


 Professora Mestre Jacqueline Henrique
 Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas

2016