



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO, AMBIENTE, SAÚDE E PRODUÇÃO
ALIMENTÍCIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL
CURSO GESTÃO AMBIENTAL**

ANA CRISTINA MARTINS BARBOSA

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS
NOS SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS
DO SEMIÁRIDO PIAUIENSE**

**TERESINA
2021**

ANA CRISTINA MARTINS BARBOSA

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NOS
SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS DO
SEMIÁRIDO PIAUIENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Gestão Ambiental do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes.

TERESINA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Barbosa, Ana Cristina Martins

B238e Energia solar fotovoltaica e seus impactos socioambientais nos sistemas de bombeamento de água em comunidades rurais do semiárido piauiense / Ana Cristina Martins Barbosa. - 2021.
124 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) -
Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2021.

Orientador : Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes.

1. Tecnologias sociais. 2. Energia sustentável. 3. Atividades produtivas. 4. Recursos hídricos. 5. Meio ambiente. I. Título.

CDD - 577

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

ANA CRISTINA MARTINS BARBOSA

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NOS
SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS DO
SEMIÁRIDO PIAUIENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Gestão Ambiental do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí. Campus Teresina Central.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profa. Profa. Dra. Divamélia de Oliveira Bezerra
Examinadora I - IFPI

Profa. Profa. Dra. Laudenides Pontes dos Santos
Examinadora II - IFPI

A Deus, aos meus pais, Berilo e Alaíde,
por todo ensinamento de amor, apoio e vida.

E aos irmãos, sobrinhas e amigos
por mais esta jornada concluída.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ser o meu respirar e meu fortalecer em cada momento de minha vida, a meus familiares pela base de vida que me deram, transmitindo a perseverança, persistência e coragem, proporcionando os melhores estudos para minha desafiadora jornada, sob proteção, carinho e no dom de me amar e querer sempre o melhor para mim.

Voltar a um curso superior após 19 anos em um dos mais consolidados Institutos Técnicos Federais do país foi desafiador. Não foi uma tarefa fácil, um dos maiores choques de realidades, apesar de outra formação acadêmica, social, estudantil, tudo já não era como antes, encontrar pessoas de outra geração, com outras formas de agir diante do mundo. Cada dia uma superação, os períodos se agigantavam e às vezes o acreditar em mim, vinha em toque de Deus todos os dias.

Realmente fui aprendendo, conhecendo e encontrando pessoas que se tornaram combustíveis para mim neste lugar, como meus colegas de curso Gestão Ambiental, Pessoas com Deficiência Visual Baixa Visão e Alta Bagagem de Ensino para mim, Pablo Eduardo Lima de Moraes e Maria da Conceição de Sousa Alves que me mostraram vozes de superação, fortaleza, coragem, luta em todos os esforços, desafios e lutas travadas, sementes até aqui plantadas e com certeza virão outras pessoas com esse senso de humanidade, justiça e inclusão.

Aos mestres incentivadores dos bons conhecimentos e boas práticas de ensino, na qual fizeram parte desta caminhada, o professor Raimundo Meneses Sobrinho, a professora Cláutenis Carvalho Viana, mestres para pós-IFPI, que distribuíam sentimentos bons e trocas de ensino para irmos mais além que os percalços. Aos que trouxeram desafios, descobertas generosas que encontrei pelo caminho, sem colocar freios no compartilhamento de seus saberes, disponíveis a qualquer hora, sem exclusão, sem regras impostas e apoio sempre.

Digo que Deus sempre coloca pessoas de todas as formas e naturezas em nossos caminhos, umas para nos inspirar e evoluir enquanto pessoas, como os professores iluminados, mestres Dr. Marcos Lira Tavares, o professor Dr. Albemerc Moraes, da Universidade Federal do Piauí – UFPI, desbravadores da energia renovável no Estado, desprendidos e humildes em competência e compromisso com os que mais precisam, ‘espelhos’ a seguir. Outros, para sermos diferentes de quando aplicarmos nossos conhecimentos, sermos éticos, imparciais, justos, democráticos

como deveriam ser, pois cada um sabe a luta que tem e o que são, apenas uma passagem nesse vasto mundo e dialogar faz parte dos que querem construir, servir ao próximo e praticar o bem.

Ao meu orientador, o professor Dr. Érico Rodrigues Gomes do IFPI Campus Teresina Central que prontamente aceitou o meu convite, de uma bagagem gigantesca em Geologia e Recursos Hídricos, assertivamente me direcionou em um trabalho providencial em favor do Piauí e das pessoas do meu Estado, um colecionador de histórias, projetos, técnicas e estudos, estimo mais sucesso e obrigada por me orientar e ser paciente em todas as minhas proposições.

Bom, se pudesse criar um Prêmio Nobel Ambiental Social Humano, estariam todos esses acima citados, pela educação, profissionalismo e respeito em formar pessoas com dignidade, evolução e cidadãos. Incluiria também o professor Dr. Werton Francisco Rios da Costa Sobrinho da UESPI, mestre em humanidade, Climatologia, o nosso “Homem do Tempo”, onde nossos caminhos se cruzaram no IFPI e a partir de então, conectamos assuntos ambientais, sociais, inspiração a se seguir pela fortaleza de multiplicar conhecimentos, incansável, um apoiador, incentivador, sempre mostrando que não devemos parar e prosseguir no que acreditamos sempre. Todas as pessoas que colaboraram com esta pesquisa!

Agradeço a luz que me sorri, minha sobrinha, filha de coração, Beatriz Manon Martins de Moraes, minha ‘raiozinho’ de sol, de apenas 04 anos que me mostra a pureza de uma criança que muda um mundo congelado e indiferente que vivemos. Às minhas sobrinhas, Ivone, Laura e Vitória, irmãos, ao tio José Emídio Barbosa por sabedoria, luzes e longas conversas sobre meus trabalhos acadêmicos. Primas: Elysandra Mororó, Ivna Leite. Amigas, Suely Aurea e Marta Dias que contribuíram muito nesta longa e desafiadora jornada.

A todos que ficaram pelo caminho e fizeram parte desta caminhada, colegas de curso: Adenisse Veras, Lara Castelo Branco, Larissa, Pablo, Dalila... A messe é grande, mas espero ter representado um pouco de vocês. Agradeço à Coordenação do Curso, NAPNE e Reitoria por me mostrarem o quão forte eu sou e que nem eu mesma sabia. Mas uma lutadora percorre tudo isso e muito mais e, quando já se viu, os caminhos são outros, novos, abertos, trilhados, desafiadores com a permanência e vontade de um Deus maior que cuida, protege e guia sempre. Obrigada, Deus, por esta vitória que é inteiramente sua!

“A natureza usa a energia Solar a milhares de anos,
e bem usada, só a raça humana ainda não
conseguiu, usar em toda sua possibilidade.”

(Cello Vieira)

RESUMO

O semiárido piauiense tem disseminado tecnologias sociais na emergência climática da região. Uma delas são os sistemas de bombeamento de água por energia sustentável, solar fotovoltaica, no controle das comunidades rurais a atividades produtivas e ao abastecimento humano que precisam ser estudadas para serem melhor aplicadas às realidades ambientais. Importantes no aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos, menos poluentes e alternativas no enfrentamento à escassez de água e energética na redução das desigualdades sociais. O estudo objetivou analisar os impactos socioambientais a localidades rurais de temporalidades para fins energéticos distintos. Uma, voltada à produção artesanal, no setor do ecoturismo, no Povoado Barreirinho, em Coronel José Dias-PI; e, a outra, em agroecologia por sistemas de irrigação, no Assentamento Marcos, em José de Freitas-PI. As experiências modificaram comportamentos rurais por conta do potencial de irradiação solar e aquífero de alta potabilidade em oportunidades de renda, adaptação e resiliência. Mostraram a importância de se ter planejamentos estratégicos compatíveis com o meio ambiente na incorporação de técnicas sustentáveis, fortalecimento cooperativo na governança, empoderamento comunitário em compromissos ambientais e na economia. A metodologia se deu por revisão bibliográfica, entrevistas a especialistas no assunto, aos receptores destes sistemas e profissionais que realizam trabalhos diretamente ligados à energia renovável. Além de pesquisas em jornais, revistas, monografias, dissertações, teses, material coletado na internet.

Palavras-chave: Tecnologias Sociais. Energia Sustentável. Atividades Produtivas. Recursos Hídricos. Meio Ambiente.

ABSTRACT

The semi-arid region of Piauí has disseminated social technologies in the region's climate emergency. One of them is the water pumping systems by sustainable energy, solar photovoltaic, in the control of rural communities to productive activities and human supply that need to be studied to be better applied to environmental realities. Important in the use of underground water resources, less polluting and alternatives in the face of water and energy scarcity in the reduction of social inequalities. The study aimed to analyze the socio-environmental impacts to rural locations of temporalities for different energy purposes. One, focused on artisanal production, in the ecotourism sector, in Povoado Barreirinho, in Coronel José Dias-PI; and the other, in agroecology by irrigation systems, in the Marcos Settlement, in José de Freitas-PI. The experiences changed rural behaviors due to the potential of solar irradiation and high potability aquifer in income opportunities, adaptation and resilience. They showed the importance of having strategic planning compatible with the environment in the incorporation of sustainable techniques, cooperative strengthening in governance, community empowerment in environmental and economic commitments. The methodology was based on a literature review, interviews with experts on the subject, the receivers of these systems and professionals who carry out work directly linked to renewable energy. In addition to research in newspapers, magazines, monographs, dissertations, theses, material collected on the internet.

Keywords: Social Technologies. Sustainable energy. Productive Activities. Water resources. Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

Figura 1 - Sistema de bombeamento solar no semiárido piauiense – Comunidade Barbosa em José de Freitas-PI	25
Figura 2 - Esquema de sistema de bombeamento solar	26
Figura 3 – Distribuição de potencial de radiação global das regiões em energia solar.....	31
Figura 4 – Potencial de distribuição energética brasileira diversificada	32
Figura 5 – Nova delimitação da região semiárida no Nordeste brasileiro.....	53
Figura 6 – Distribuição de poços no Estado do Piauí.....	54
Figura 7 – Localização do município José de Freitas-PI.....	56
Figura 8 – Formações geológicas de José de Freitas.....	58
Figura 9 – Qualidade das águas subterrâneas de poços cadastrados em José de Freitas-PI.....	59
Figura 10 – Localização do município de Coronel José Dias-PI.....	62
Figura 11 – Localização do Parque Nacional Serra da Capivara e municípios beneficiados do projeto Petrobrás na região	63
Figura 12 - Esboço geológico do município de Coronel José Dias-PI	68
Figura 13 - Sistemas de bombeamento por poços em fontes diversificadas em Coronel José Dias/PI.....	72
Figura 14 - Qualidade das águas subterrâneas do município de Coronel José Dias-PI.....	73
Figura 15 – Potencial de irradiação solar de Coronel José Dias	74
Figura 16 - Implantação do sistema bombeamento fotovoltaico no Assentamento Marcos em José de Freitas-PI	77
Figura 17 – Esquema de localização do poço reativado com energia solar na irrigação de horta comunitária no Assentamento Marcos, José de Freitas-PI	78
Figura 18 - Registro dos equipamentos para geração da produtividade no Assentamento Marcos em José de Freitas-PI: (1) motobomba; (2) reservatório para reserva da água; (3) Paineis Fotovoltaicos.....	79
Figura 19 – Inauguração do sistema de bombeamento em José de Freitas	81
Figura 20 – Técnicas sustentáveis em aprimoramento agrícola no assentamento Marcos em compostagem orgânica	83

Figura 21 – Capacitação na produção agrícola a mulheres da horta solar	84
Figura 22 – Hortaliças produzidas no Assentamento Marcos, em José de Freitas-PI.....	84
Figura 23 – Localização do Povoado Barreirinho e Poços Estudados de Coronel José Dias – PI: Poço 2009 (1) - Poço da Petrobrás; Poço 2015 (2) - Poço da Esperança	86
Figura 24 - Peças iniciais na produção artesanal com uso de energia solar em Coronel José Dias-PI	88
Figura 25 – Segundo processo produtivo de peças artesanais na utilização da tecnologia fotovoltaica em Coronel José Dias-PI	89
Figura 26 - Acabamento final de peças sustentáveis: louças com pinturas rupestres movimentam o ecoturismo em Coronel José Dias.....	89
Figura 27 - Localização dos poços solares no Povoado Barreirinho em Coronel José Dias-PI	90
Figura 28 - Primeiro sistema fotovoltaico no Povoado Barreirinho em Coronel José Dias -PI	92
Figura 29 - Projeto construtivo e perfil litológico do poço tubular em Coronel José Dias-PI	94
Figura 30 - Descoberta de nova fonte de água após tentativas de detecção na profundidade do solo em Coronel José Dias-PI	95
Figura 31 - Segundo sistema fotovoltaico em Barreirinho, no município de Coronel José Dias-PI	96
Figura 32 - Retornos positivos dos sistemas fotovoltaicos	97

Lista de Quadros

Quadro 1 - Evolução das gerações de tecnologias das bombas.....	50
Quadro 2 – Resultados das entrevistas estruturadas sobre sistemas de bombeamento investigados	98
Quadro 3 – Recepção pelas lideranças comunitárias aos sistemas de bombeamento de água	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABHA	Água no Berço do Homem Americano
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica
ANA	Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASI	Aliança Solar Internacional
CMMAD	Comissão Mundial de Meio Ambiente e do Desenvolvimento
CEFAS	Centro de Educação São Francisco de Assis
CEPRO PI	Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí
CHESF	Companhia Hidrelétrica de São Francisco
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COP	Conferência sobre o Clima em Paris
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAEPI	Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa, Extensão
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco
FUMDHAM	Fundação Museu do Homem Americano
GIPES	Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia Solar
IDER	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPHAN	Instituto Brasileiro Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IFPI	Instituto Federal do Piauí
ITS	Instituto de Tecnologia Social
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPS	Instituto Piauí Solar
ISH	Índice da Segurança Hídrica no Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAPIS	Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Satélites

MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MIGDIs	Microsistemas Isolados de Geração e Distribuição de Energia Elétrica
NASA	National Aeronautic and Space Administration
NCR	National Research Council
OMT	Organização Mundial do Turismo
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PARNA	Parque Nacional
PETROBRÁS	Petróleo Brasileiro S.A.
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PCPR	Programa de Combate à Pobreza Rural
REAPI	Rede Ambiental do Piauí
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMAR-PI	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SFB	Sistema Fotovoltaico de Bombeamento
SIAGAS	Sistema de Informação de Águas Subterrâneas
SFB	Sistema Fotovoltaico de Bombeamento
SIGFIs	Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes
SUCAM	Superintendência de Campanhas de Saúde Pública
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UNIFASF	Universidade Federal do Vale do São Francisco
TBHA	Território do Berço do Homem Americano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	ENERGIA SOLAR: HISTÓRIA E RELAÇÕES HÍDRICAS	20
2.2	BOMBEAMENTO: CLASSIFICAÇÕES E APLICABILIDADES	23
2.3	FONTES RENOVÁVEIS EM CONTEXTOS AMBIENTAIS	28
2.4	SEMIÁRIDO ESTRATÉGICO ÀS POPULAÇÕES RURAIS	30
2.5	ENERGIAS SUSTENTÁVEIS E ECONOMIAS VERDES	37
2.5.1	Agricultura Sustentável e Energia Solar	39
2.5.2	Ecoturismo e Energia Solar	43
2.6	INCENTIVOS LEGAIS AO BOMBEAMENTO SOLAR	45
2.6.1	Regulamentações nos Projetos de Captação de Água	46
2.6.2	Cuidados no Uso de Sistemas de Bombeamento de Água	48
3	CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	52
3.1	ÁREA DE ESTUDO 1 - JOSÉ DE FREITAS-PI	55
3.1.1	Aspectos fisiográficos do município de José de Freitas	57
3.1.2	Aspectos socioeconômicos do município José de Freitas	59
3.1.3	Assentamento Marcos - José de Freitas-PI	61
3.2	ÁREA DE ESTUDO 2 - CORONEL JOSÉ DIAS-PI	61
3.2.1	Aspectos fisiográficos do município de Coronel José Dias	64
3.2.1.1	ÁREA DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA	64
3.2.2	Aspectos socioeconômicos do município Coronel José Dias.....	65
3.2.2.1	RECURSOS HÍDRICOS DE CORONEL JOSÉ DIAS	69
3.2.2.2	DIAGNÓSTICO DOS PONTOS D'ÁGUA CADASTRADOS	71
3.2.3	Povoado Barreirinho em Coronel José Dias-PI	74

4	METODOLOGIA	75
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
5.1	ASSENTAMENTO MARCOS – JOSÉ DE FREITAS-PI	77
5.2	POVOADO RURAL BARREIRINHO – CORONEL JOSÉ DIAS-PI	85
6	CONCLUSÕES	106
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE A – ENTREVISTA 1	118
	APÊNDICE B – ENTREVISTA 2	119
	APÊNDICE C – ENTREVISTA 3	120
	APÊNDICE D – ENTREVISTA 4	122
	ANEXOS	123
	ANEXO A	123
	ANEXO B	124

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, houve avanços em relação à expansão de projetos socioambientais e tecnologias sociais, o que tem movimentado diversos segmentos e promovido importantes debates políticos, institucionais, empresariais e sociais no redirecionamento de rotas mais sustentáveis, quanto à ampliação, difusão e diversificação das matrizes energéticas rumo ao futuro das energias renováveis e não renováveis no Brasil, em meio a crises hídricas e energéticas vivenciadas, frente ao cenário ambiental global das mudanças climáticas.

Uma das tecnologias sociais, objeto de estudo da pesquisa, são os Sistemas de Bombeamento de Água com Energia Solar Fotovoltaica, introduzidos pioneiramente na região do Semiárido do Nordeste, a fim de levar a eletrificação e água potável a comunidades rurais mais remotas, em acordos cooperativos técnicos-científicos-sociais. Tidas como soluções ambientais sustentáveis precisam ser estudadas para se conhecer quais os impactos a comunidades rurais de baixa renda em suas áreas produtivas.

O Brasil por ter vantagens climáticas em relação a outros países em desenvolvimento e em todo território brasileiro pelo seu potencial de radiação solar, favorável localização geográfica, de recursos hídricos com maior reserva superficial do mundo e vastos reservatórios de água subterrânea, não aproveitados para estes fins energéticos. Ainda abrange uma população rural de pelo menos 30 milhões de pessoas vivendo na Região do Semiárido Nordestino diante do fenômeno natural, a Seca, em condições de pobreza e extrema pobreza.

A Energia Solar vem despontando como a quinta maior fonte energética no país e podendo tornar-se a principal fonte de geração nas próximas décadas, em razão do aumento à eficiência produtiva em áreas secas, desérticas, em lugares onde não há nenhuma produtividade, além de evitar volumes de desmatamento, dinamizar o desenvolvimento socioeconômico descentralizado, apresentando preocupação ambiental e incremento em mercados e empregos verdes.

A disseminação das energias renováveis (fotovoltaica, eólica, biomassa, pequenos aproveitamentos hidroelétricos) tem ganhado a confiabilidade no enfrentamento ao baixo atendimento elétrico, desigual distribuição de água, às condições climáticas extremas na região semiárida, caracterizada em elevadas temperaturas, pouca umidade, baixos índices pluviométricos em escassez de chuvas

em inovações tecnológicas sociais na preservação aos recursos hídricos e na produção, proteção ao uso do solo da região.

Sabendo que apenas 1% da água do planeta é potável e acessível, segundo a Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica (ABSOLAR, 2020). A água doce representa 2,5% e está indisponível para o consumo humano, sendo 0,26% em lagos, reservatórios e bacias hidrográficas, de acordo com Shiklomanov e Rodda (2003). O Brasil detém 13,22% de água doce, conforme Banco Mundial (2016). Dos recursos potáveis, 80% estão na região Norte do país, enquanto na Região Nordeste não há água suficiente para a população que é bem mais numerosa, de acordo com Agência Nacional da Água (ANA - 2013), o que emergem por planos alternativos e avanços em energias renováveis.

Muitas regiões brasileiras estão sofrendo com a Seca e a falta de abastecimento de água, o que impactam diretamente na segurança de suas áreas e das populações. O investimento em geração de eletricidade limpa, renovável e sustentável vem como uma alternativa, não tendo emissões de gases de efeito estufa, líquidos ou sólidos poluentes, sem ruídos e sem operações no consumo excessivo de água, o que reduziria a pressão sobre os recursos hídricos, já escassos e de baixo impacto ambiental.

A energia solar considerada uma tecnologia do futuro, vantajosa, econômica às gerações e ao meio ambiente, onde o Piauí situa-se em uma posição privilegiada, no “Cinturão Solar” do Brasil (ATLAS SOLAR, 2018), região de maiores radiações solares, tem a terceira maior produção nacional nesta energia renovável, estando sobre uma bacia de maior potência hídrica subterrânea do Nordeste, a Bacia do Parnaíba, capaz de suprir por meio de sua reserva subterrânea o déficit hídrico e energético das comunidades rurais.

O Estado conta com um período de 12 h de sol e cerca de 5kWh/m² ao dia, segundo o Governo Estadual do Piauí e características hidrogeológicas do subsolo que permitem explorações de alta vazão de água em altíssima qualidade ao consumo e desenvolvimento de atividades humanas, conferindo características climáticas e geológicas (de origem sedimentar) propícia à expansão da energia fotovoltaica.

Assim, o trabalho traz como contribuição um estudo sobre a evolução dos serviços tecnológicos fotovoltaicos alinhados ao potencial aquífero que o Piauí tem, nos campos científicos, tecnológicos, objetivando analisar os impactos socioambientais dos sistemas de bombeamento de água com uso da energia solar

fotovoltaica às comunidades rurais: Povoado Barreirinho, em Coronel Jose Dias; e, ao Assentamento Marcos, em José de Freitas, em recorte temporal de 2009, a partir da vigência inicial dos projetos instalados no Estado, em relação a sistemas mais recentes.

Para isso, a pesquisa teve como objetivos específicos: Realizar o mapeamento sobre a viabilidade desses projetos a instituições de ensino, técnicos, coordenações dos projetos e comunidades envolvidas; Caracterizar o perfil das comunidades rurais aos usos e transformações na associação à energia renovável solar; Averiguar as potencialidades, vulnerabilidades e resiliências dos sistemas na qualidade e disponibilidade às atividades em áreas de convivência com o semiárido, na reflexão sobre autogestão; Pesquisar sobre as regularizações, incentivos municipais, estaduais nas concessões desses projetos; E, abordar sobre os cuidados em instalações, equipamentos, operações e recepção destes serviços com os sistemas às comunidades rurais.

As duas comunidades foram escolhidas por estarem inseridas em projetos reconhecidos e testados por estas tecnologias nos projetos: “Água no Berço do Homem Americano” e “Canindé Solar”, respectivamente, de iniciativas em parcerias com órgãos, instituições científicas, sociais e empresas que se propuseram em trazer melhorias e desenvolvimento nas regiões, como formas de adaptação climática.

A pesquisa exploratória teve análises bibliográficas e entrevistas, envolvendo técnicos à concepção dos projetos, lideranças comunitárias na recepção, manejo dos sistemas de bombeamento fotovoltaico e aos responsáveis pelos projetos autônomos no Estado do Piauí.

A estruturação do trabalho, primeiramente, abordou a importância da energia solar fotovoltaica na preservação aos recursos hídricos. Tratou sobre o semiárido e a energia renovável como estratégicos à segurança hídrica e alimentar às comunidades rurais. E em seguida, pontuou sobre a importância das energias sustentáveis em atividades produtivas geradoras de economias verdes. Além de trazer aspectos legais vigentes e os cuidados no manejo sustentável da tecnologia fotovoltaica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

É possível verificar em atividades de impacto ambiental, os produtos e serviços que alterem a qualidade de vida das pessoas, como explica Sanchez, 2013, o resultado na modificação de processos naturais ou sociais dependem de estudos ambientais, descrição da tecnologia utilizada, de um diagnóstico ambiental sobre as realidades, efeitos, medidas e desenvolvimento de programas de gestão ambiental.

O uso das energias renováveis no Brasil, assim como em outras partes do mundo, faz parte da própria evolução e sobrevivência do homem. O uso da energia solar propicia o crescimento da biomassa, da manutenção do ciclo hidrológico e do regime de ventos e numa escala de tempo geológica da própria formação dos combustíveis fósseis. Nos trópicos, a relativa abundância de seu regime de insolação manteria uma natureza exuberante e favorável à existência da espécie humana (FREITAS et al., 2005).

2.1 ENERGIA SOLAR: HISTÓRIA E RELAÇÕES HÍDRICAS

Histórico, Definições, Classificações e Relações Sustentáveis

A aplicação da energia fotovoltaica, iniciada em 1839, pelo francês Alexandre-Edmond Becquerel por uma corrente elétrica em um material, após exposição à luz, impulsionou o mundo científico a criar dispositivos capazes de gerarem fontes de alimentação, mesmo com baixa eficácia.

A energia solar esquecida por muitos anos e substituída pelo baixo custo dos combustíveis fósseis e energias não renováveis fez com que a humanidade fosse cobrada anos depois.

A corrida espacial a trouxe de volta, nos anos 50, sendo a primeira aplicação pela *National Aeronautic and Space Administration* - NASA, em 1958, com o backup de uma pilha para o lançamento do satélite no mesmo ano, o painel solar de vida útil em duração temporal de 8 anos, trouxe baixo peso na operação do sistema, a confiabilidade. Impulsionaram o desenvolvimento por mais painéis solares eficientes, mas não econômicos.

Com a crise petrolífera em 1973, o setor empresarial começou a investir na produção de novas tecnologias, envolvendo a energia fotovoltaica, utilizando o silício

multicristalino. Somente nas décadas de 80 e 90, grandes investimentos foram feitos na primeira central solar na Califórnia (1982) e nos anos 90, projetos de “telhados solares” na Alemanha (1990) e Japão (1993).

A energia solar fotovoltaica define-se por ser uma fonte de energia renovável que utiliza a radiação solar para gerar eletricidade, a energia solar fotovoltaica se baseia no efeito fotoelétrico, por materiais capazes de absorver fótons (partículas luminosas) e liberar elétrons, gerando corrente elétrica.

Um compartilhamento entre a fonte energética, a radiação solar e a necessidade de água, esse importante recurso natural no funcionamento de todos os seres vivos e ecossistemas existentes do planeta que cobre 70% da superfície terrestre, responsável pela sobrevivência dos organismos, produtora de energia e indicadora econômica de diferentes usos: doméstico, industrial, agricultura e pecuária por sua ciclagem e absorção de poluentes, de distribuição irregular, pode tornar-se escassa, se utilizada indevidamente.

Nas regiões mais secas, a disponibilidade hídrica encontra mais dificuldade de ser reposta e aliada à energia solar fotovoltaica poderia atender a demanda energética, recuperando rios, lagos, repositores de água em eficiência, áreas degradadas, por meio de seus mananciais subterrâneos em lugares de altas radiações solares.

A medição é feita por sua radiação solar acoplada aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Sua utilização é muito importante em estudos de modelagem do crescimento, na produção vegetal, estudos relacionados às mudanças climáticas, entre outros processos (BORGES et al., 2010).

O Sol em abundância bem distribuído no planeta pode ser utilizado na proteção dos recursos naturais e a proximidade à Linha do Equador, em menor ângulo de latitude, intensifica uma maior radiação solar disponível na distribuição de energia.

A energia solar fotovoltaica variável ao longo do dia atinge o seu horário de pico ao meio dia em seus respectivos ângulos de incidência, onde as camadas de ar e as partículas na atmosfera ficam bem menores absorvendo uma parte da energia desta luz. Além disso, os materiais particulados na atmosfera, poluição do ar, nuvens, aerossóis naturais e os produzidos pelo ser humano, como a poluição de fábricas, por veículos interferem na quantidade de energia do planeta.

A radiação visível é a mais propícia para a geração de energia renovável do planeta, podendo ainda se utilizar da radiação ultravioleta no aproveitamento na

produção da energia solar fotovoltaica em processos vitais da humanidade.

Assim como afirmam Almeida, Freitas e Brito (2012, p. 57) que:

Quase toda a luz que ilumina o nosso planeta vem direta ou indiretamente do nosso sol. A luz do dia e a iluminação natural são radiações eletromagnéticas na região do visível que chega do Sol. A iluminação artificial, gerada em lâmpadas ou LED, é alimentada por energia que vem ou veio (num passado muito longínquo no caso dos combustíveis fósseis) da nossa estrela. A radiação solar é fonte de vida porque, graças a ela, crescem as plantas que produzem oxigênio e nos dão alimento, que nos fornecem energia para vivermos. Mas a radiação solar também pode ser aproveitada para produzir eletricidade e alimentar o mundo em que vivemos.

O conceito de energia limpa é associado a fontes renováveis que apresentam menos impactos ambientais e praticamente não originam resíduos ou emissões de poluentes. Para Villalva, 2012, a exploração de qualquer fonte de energia provoca alterações no meio ambiente e produz impactos de maior ou menor intensidade. Na fabricação de células fotovoltaicas, por exemplo, empregam-se componentes tóxicos e no caso de usinas solares empregam fluidos tóxicos, instalação em grandes áreas e afeta habitats naturais. Porém comparadas as fontes não-renováveis são consideradas limpas, seguras, menos poluentes.

A utilização de fontes alternativas estimula o desenvolvimento tecnológico e traz benefícios econômicos indiretos como o sistema de bombeamento de água ao fomento produtivo e superação na área rural, tornando populações preocupadas com a sustentabilidade, conscientes das tecnologias de convivência climática, evita uma urbanização desordenada nas grandes cidades, sobrecarregando serviços de saúde, infraestrutura, segurança, mobilidade, habitação, possibilitando qualidade de vida e novas culturas ambientais.

A Organização das Nações Unidas (ONU) esclarece ainda que a exploração desenfreada dos recursos hídricos, seja para geração de energia, coloca em risco esse líquido precioso, pois a água doce própria para o consumo e para a energia é de apenas 2,5% do total disponível no mundo.

O Brasil em sua caracterização, o quinto maior do mundo territorialmente, fronteiro com 10 países diferentes, localizado em dois hemisférios diferentes e com seis tipos de climas: equatorial, subtropical, semiárido, tropical de altitude, tropical atlântico e tropical, predominância deste último. De maior bacia hidrográfica do planeta, abrange 12 bacias hidrográficas, formando o maior potencial hídrico do mundo em uma extensa faixa litorânea com Oceano Atlântico. A disponibilidade de riquezas naturais ao Brasil é peculiar comparado ao restante do mundo.

A ocorrência da energia elétrica pode advir por diversos tipos de energia renovável. Atualmente, o país é dependente da energia hidráulica. O Brasil possui a matriz elétrica mais renovável do mundo (TOMALSQUIM, 2012), com mais de 70% da energia gerada proveniente de fontes renováveis de energia (ANEEL, 2019). Desde 2020, a tendência é que as gerações da energia eólica e solar se expandam cada vez mais e com menor custo, na democratização energética.

A introdução de tecnologias populares em energia renovável traz as perspectivas competitivas e viáveis em áreas rurais. O Instituto de Tecnologia Social (ITS) entende a tecnologia social como um conjunto de técnicas, metodologias desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população, controladas por ela, de soluções à inclusão social, melhoria das condições de vida, saberes populares, conhecimentos técnicos, científicos na participação, cidadania e democracia, educação e relevância social.

2.2 BOMBEAMENTO: CLASSIFICAÇÕES E APLICABILIDADES

O bombeamento fotovoltaico no Brasil iniciou-se em 1981 por processos institucionais e atuação do Ministério de Minas e Energia pelo Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM).

No Piauí, o Programa de Combate à Pobreza Rural (PCPR) realizado pelos governos estaduais e apoio do Banco Mundial em projetos comunitários, de natureza produtiva, social ou em infraestrutura básica destinaram processos de eletrificação rural de baixo consumo e de forma autônoma. Em 2003, centenas de sistemas implantados nos municípios piauienses: Dom Inocêncio, Santa Filomena, Simplício Mendes, Coronel José Dias, São José do Peixe e São Felix do Piauí, dados do PCPR.

Outros projetos desenvolvidos por instituições, tais quais: IDER (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis), Obra Kolping, Centro de Educação São Francisco de Assis (CEFAS), Instituto Piauí Solar (IPS), Canindé Solar, PETROBRÁS, dentre outras.

A classificação atual dos sistemas fotovoltaicos (Portal Solar, 2021), existem aqueles diretamente interligados à energia convencional e os que não são, definindo-os em:

- a) Sistemas Fotovoltaicos Autônomos (OFF-GRID): Conhecidos como sistemas isolados (off-grid), sua principal característica é o

“autossustento”, ou seja, o sistema não precisa estar conectado à rede elétrica e pode vir a armazenar a energia solar excedente em baterias, para ser utilizada quando não houver produção;

b) Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica (ON-GRID): Conectados à rede de distribuição de energia elétrica (on-grid), o atendimento de geração de eletricidade no atendimento ao consumo de residências, empresas e estabelecimentos em geral. Normalmente, instalados sobre o telhado das edificações, no solo ou em coberturas, como por exemplo, estacionamentos de veículos. Este sistema pode ser utilizado para atender parcial ou totalmente a demanda de qualquer tipo de consumidor, principalmente as micro e pequenas empresas.

O acesso, a eficiência e o crescimento dos novos modelos na distribuição de energia a espaços urbanos e rurais tornam-se estratégicos, nos dias de hoje, para que se aumente a produção limpa, impacte cada vez menos, na redução de efeitos climáticos que tragam esgotamento dos recursos naturais existentes e atendam a demanda da população em benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Assim como evidencia Pareja (2019), a utilização e a disponibilidade de energia são essenciais para o desenvolvimento social e econômico de uma sociedade. Assim como água e energia melhoram o padrão e a qualidade de vida dos seres humanos e o uso desses recursos, de forma diversificada no Brasil, evitaria a dependência de sistemas convencionais vulneráveis, minimizariam crises energéticas e hídricas que ocasionem a onerosidade ao erário público e operações poluentes com retrocessos ao uso de energias não sustentáveis, como as termoeletricas. Evitariam racionamentos, tarifas abusivas, ‘apagões’, dentre outros interrompimentos e efeitos negativos à população e ao meio ambiente

Em coberturas rurais, os sistemas *off-grids* de bombeamento de água representam os projetos autônomos em expansão no Piauí, bombeiam água de poços, lagos e rios, onde se pode armazenar a água em um reservatório. O que tem mudado suas paisagens, dando espaço às novas formas de convivência no enfrentamento ao baixo atendimento elétrico, ao desigual abastecimento de água, às condições climáticas extremas com altas temperaturas, em baixas umidades, baixos índices pluviométricos, escassez de chuvas ao desenvolvimento socioeconômico. Compostos pelos elementos na Figura 1.

Figura 1 – Sistema de bombeamento solar no semiárido piauiense na Comunidade Barbosa em José de Freitas-PI - 2021



Fonte: Canindé Solar, 2021. O kit fotovoltaico é composto por: 01 painel solar ou módulo fotovoltaico, 01 driver e uma bomba submersa vibratória de fabricação nacional e 01 reservatório para abastecer água e distribuição.

Assim Alvarenga, 2019 explica bem esta relação entre água e eletricidade, como fator de saúde e progresso para as comunidades, principalmente situadas em locais remotos para fixação das pessoas nas áreas rurais.

É um dos fatores que permitem a fixação do homem no campo, evitam seu deslocamento para as cidades com todos os problemas decorrentes. Em muitas regiões do Brasil, principalmente no Nordeste, populações inteiras vivem com uma grande carência de água, impedindo seu desenvolvimento econômico e mantendo sua condição de miséria e de doença. Na época de seca, rios e córregos secam, as fontes de água ficam distantes e essas populações têm que percorrer grandes distâncias para buscar água para o próprio consumo, muitas vezes água de baixa qualidade.

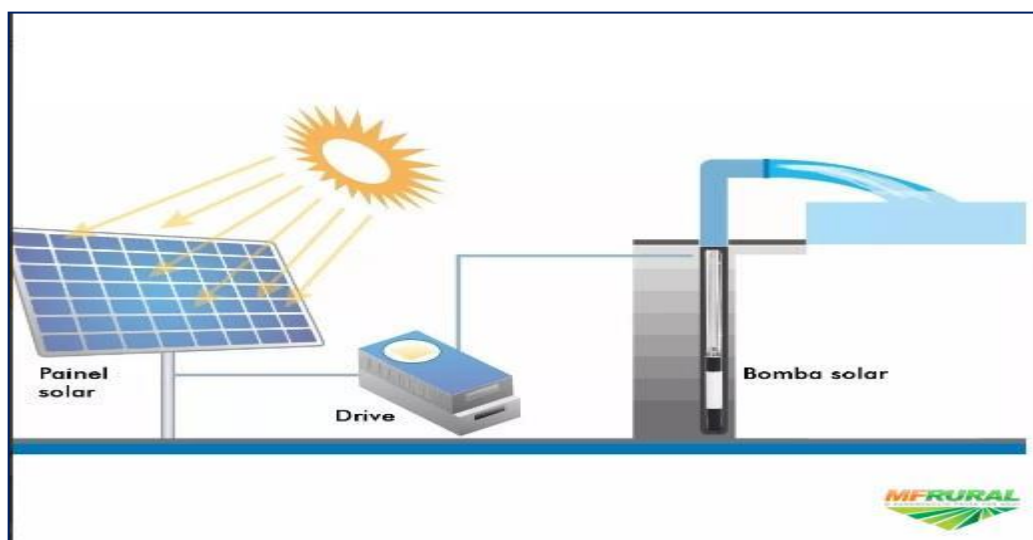
É muito comum ver algumas ações estruturantes do poder público na região semiárida nos períodos de estiagem, como a dependência de carros-pipas e outras como a perfuração de poços, implantação de sistemas simplificados de abastecimento de água, cisternas e dessalinizadores. Porém, sem o alcance das tecnologias renováveis que vêm com a finalidade de cobrir as dificuldades vivenciadas por estas

populações, em cotidianos desumanos de peregrinações diárias em busca por água de qualidade, falhas do poder público em programas e ausência de planos de gestão de recursos hídricos, energéticos na potencialização de suas atividades econômicas.

A materialização dos sistemas de bombeamento por energia solar fotovoltaica não só quando acionados por módulos fotovoltaicos, ou seja, pelo gerador solar que transmitirá energia por radiação solar incidida nas placas. Dependerá também da interferência de outros fatores que vão desde a posição do Sol em relação às placas, bem como aos períodos climáticos, horários de funcionamento, locais de instalação e equipamentos devidamente apropriados para as finalidades a que se destinam.

A Figura 2 apresenta o funcionamento simples de um sistema em que um painel solar capta a luz do Sol, por meio do efeito fotovoltaico, onde as partículas de luz solar (fótons) colidem com átomos de silício presentes no painel solar, provocando o deslocamento de elétrons em uma corrente elétrica contínua, chamada de energia solar fotovoltaica. A conversão pelo inversor solar de corrente contínua em alternada, distribui eletricidade. A bomba é responsável por captar água do reservatório, poço ou até mesmo de aquíferos, bombeando para locais desejados. O efeito fotovoltaico permite a produção de energia que alimenta a bomba solar.

Figura 2 – Esquema de sistema de bombeamento solar



Fonte: MFRURAL, 2021.

Tais iniciativas têm trazido mudanças culturais, organizacionais e sociais, eliminando as barreiras de ausência das políticas públicas, nos aspectos ambientais e econômicos. Mesmo com a mínima geração da energia solar, de forma tardia, a

tendência é tornar-se uma referência regional em inovações, por dispensar o acesso à rede elétrica, ter simples e rápida instalação, mobilidade na implantação, condições favoráveis de incidência solar e compatível com a realidade das famílias rurais produtoras.

Em áreas mais vulneráveis, as expectativas positivas na oferta hídrica, devido essas áreas minarem fontes subterrâneas de qualidade, se bem organizadas e geridas na compreensão das comunidades locais, resgata a riqueza natural das áreas semiáridas, oferta economia e uso controlado nas relações com o meio ambiente em saberes e técnicas assertivas.

As relações sustentáveis estão em evitar desmatamentos, a retenção de rios, riscos de acidentes com barragens, aumentando-se ainda mais a competitividade dos pequenos negócios e inclusão de diversos setores da economia, sendo eles: comércios, serviços, indústria e produção rural.

O desempenho e a relação custo-benefício desses serviços devido a segurança do número médio de horas de insolação por ano, em cada localidade, têm permitido a previsibilidade desses modelos em investimentos e redução em recorrências termelétricas em momentos de crises, contribuindo na qualidade ambiental das populações em energia a custo baixo, geração de renda e emprego.

A aplicação para o bombeamento pode gerir desde o uso em tanques a irrigação de lavouras, como a resfriamento de produtos alimentícios, secadores, iluminação, dessalinização, processos produtivos, cercas elétricas, aeradores, sistemas de vigilância e comunicação, caldeiras elétricas para produzir vapor, dentre outras, segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – (SEBRAE ENERGIA, 2018).

Desta forma, a garantia de um serviço ambiental contínuo, catalizador a usos múltiplos da água, na geração de renda e trabalho às localidades, antes desprovidas de energia e água. O que tem impactado sobre as novas formas do uso consciente, condições socioeconômicas, ações estratégicas beneficiadoras ao meio ambiente, por esta fonte energética, no caminho à sustentabilidade. O semiárido brasileiro e energia renovável sendo estratégicos à segurança hídrica e produtiva no enfrentamento às mudanças climáticas.

2.3 FONTES RENOVÁVEIS EM CONTEXTOS AMBIENTAIS

Historicamente, os debates internacionais sobre a economia e meio ambiente impulsionam mudanças mundiais em iniciativas globais ajustáveis às gerações e no relacionamento equilibrado com o planeta. Iniciado em 1960, por um grupo de intelectuais intitulado, Clube de Roma, em uma vila de Roma. Em seguida, pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, conhecida também por Conferência de Estocolmo (1972), o primeiro e oficial promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Desde então veio em 1997, o Protocolo de Quioto entrando em vigor somente entre os anos de 2005 e 2012, estabeleceu metas de redução de carbono aos países no mundo inteiro, havendo uma cobrança maior aos países mais desenvolvidos, responsáveis por serem os maiores poluidores. Além de estímulo ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) a países ricos na evolução de ações verdes, ao mesmo tempo que limitava ações a países mais vulneráveis. A descentralização de políticas ambientais a fim de acelerar o compasso a tecnologias e manter outros países no cenário mundial sustentável.

O Acordo de Paris (2016) feito por 195 países, tem como meta principal frear o aquecimento global, abaixo de 2°C, em níveis pré-industriais e evitar impactos adversos às mudanças climáticas. Bem como, incentivar a cooperação entre a sociedade civil, o setor privado, instituições financeiras, cidades, comunidades e povos tradicionais (indígenas, quilombolas) na ampliação e fortalecimento de ações de mitigação ao aquecimento global.

A comunidade científica esclarece que o uso em larga escala de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, provoca uma exploração indiscriminada de recursos não renováveis, ativadora de emissores de gases poluentes, a partir da queima e extração dos mesmos. Por isso, o estímulo a regiões vulneráveis em incrementos tecnológicos, de forte tendência mundial, na validação de países emergentes e baixa economia na adaptação às mudanças climáticas.

O Relatório Especial sobre Fontes Renováveis de Energia e Mitigação da Mudança Climática, publicado pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), da ONU, em 2019, afirma que a terra e o clima interagem entre si e as atividades humanas interferem em mais de 70% na superfície terrestre. As responsáveis por mais de um quarto das emissões de gases de efeito estufa são: a

agricultura, a floresta e outros usos da terra. O Brasil é responsável por grande parte de emissão de CO₂ no setor energético, atrás somente do setor agrícola no aumento ao efeito estufa, ausente em um mercado regulador de carbono e para a ONU, um país pouco expressivo no enfrentamento às crises ambientais.

Diante de uma crise ecológica ambiental anunciada por uma ‘onda’ de desmatamentos nos biomas brasileiros, degradações dos ecossistemas, ações descontroladas por interesses econômicos, a crise hídrica com baixa nos reservatórios em menos de 65% no país, impacta diretamente no setor energético, em meio a uma das maiores crises dos últimos 91 anos, onde o Brasil dá sinais de avanços no usufruto de energias renováveis e na contramão disso, o retorno de energias termoelétricas, poluentes, podendo refletir na produção alternativa de energia solar.

A 26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP-26) em Glasgow, na Escócia, em 13 de novembro de 2021, evidenciou ainda mais o cenário ambiental atual das fontes renováveis que indicam os efeitos negativos das políticas energéticas atuais em incluir sem precedentes a queima de combustíveis fósseis e suas emissões, responsáveis pelo excessivo acúmulo de gases de efeito estufa e ao aquecimento global. A recomendação deste evento é na mudança de “eliminação gradual” para a “redução gradual” de 45% até 2030 em mais de 200 países no Pacto Climático de Glasgow, documento final da COP26, incluindo o Brasil, sendo os poluentes fósseis, os principais causadores da crise climática.

A energia é fundamental para a vida e o desenvolvimento de atividades econômicas, porém é essencial avaliar o impacto disso no meio ambiente e ao clima global em mudanças urgentes na matriz energética. O Brasil tem apostado em financiamentos e subsídios a projetos e atividades sustentáveis, tem incluído recursos em áreas de conservação, restauração florestal, saneamento, gestão de resíduos, ecoturismo, agricultura, energia renovável e mobilidade urbana, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente.

As tecnologias de armazenamento energético possibilitam reservas de recursos futuros e uso de recursos renováveis variáveis, no aumento do autoconsumo e autoprodução de energia, além de aumento do acesso à energia por energia solar fotovoltaica.

2.4 SEMIÁRIDO ESTRATÉGICO ÀS POPULAÇÕES RURAIS

O Semiárido Brasileiro está no centro das energias renováveis e tem oportunizado a milhares de famílias à sustentabilidade na sua região pelo desenvolvimento de sua cadeia produtiva, convivência às condições naturais, antes visto como terras sem recuperação, de expulsão, migração forçada de famílias rurais. Hoje, trazem o armazenamento energético com viabilidade e aplicabilidade de tecnologias na redução dos impactos climáticos extremos, além de estabilidade e competitividade em relação a energias fósseis e hidrelétricas.

Considerado como o maior semiárido tropical mais chuvoso do mundo, de regimes pluviométricos, em média, de 200 a 800 mm anuais, ocupa nove estados brasileiros: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, em nova delimitação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017). Nesse recorte, pioneiro em soluções sustentáveis, referência no protagonismo social na superação climática e garantia na segurança energética, hídrica e produtiva ao desenvolvimento social, ambiental na captação de água e recuperação de suas áreas improdutivas.

Segundo Andrade et al. (2006, p. 57), as regiões semiáridas têm um déficit hídrico, mas um saldo positivo em relação à energia solar. O nordeste brasileiro ainda tem fatores determinantes e específicos como solos rasos, alta demanda evaporativa, retirada da cobertura vegetal e organização social (ANDRADE et al., 2007).

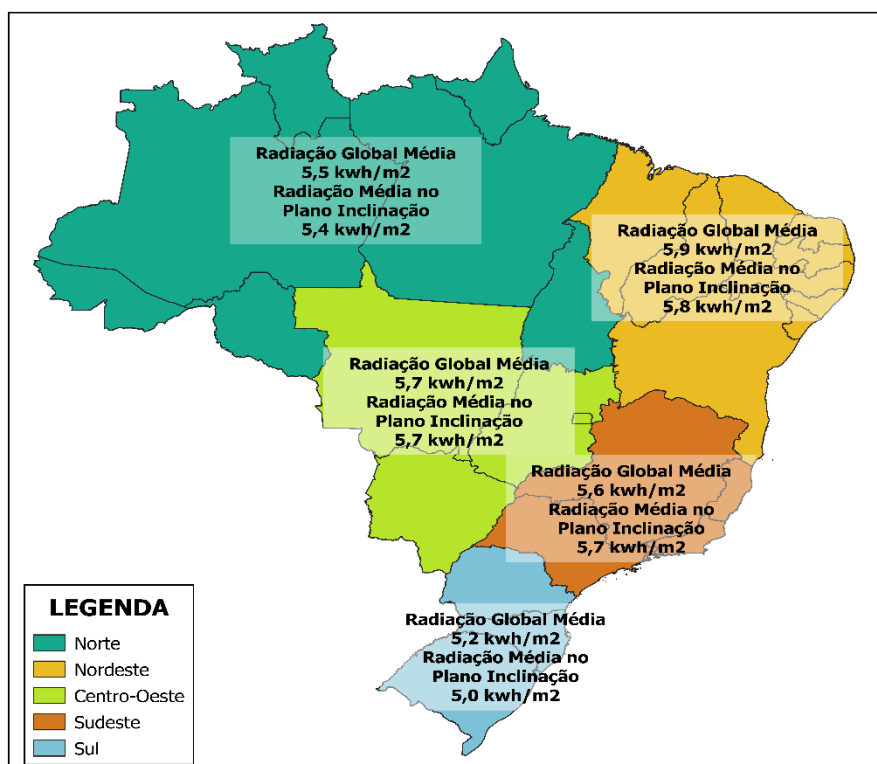
As tecnologias para o aproveitamento das energias renováveis (fotovoltaica, eólica, pequenos aproveitamentos hidroelétricos) têm evoluído e ganhado a confiança de diversos setores, tornando-se assim possíveis soluções para esses problemas enfrentados no meio rural (MORAES, 2015).

Mesmo a região semiárida caracterizando-se pelo clima árido, precipitações irregulares no tempo e no espaço, e temperaturas elevadas (de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger referem-se às regiões BSh - clima semiárido quente e BSk - clima semiárido frio) (MENDONÇA; DANNIOLIVEIRA, 2017). Além de 41,3% de toda a superfície terrestre constituída por terras áridas, semiáridas e subúmidas secas, e 7,7% corresponde a desertos (NAÇÕES UNIDAS, 2018). Acrescentam-se a isso, as desigualdades sociais, dependência de programas governamentais, concentrações fundiárias e degradações impunes ambientais.

A capacidade que o Brasil tem de receber mais de 3 mil horas de brilho do Sol em uma incidência diária pode ir de 4.500 a 6.300 Wh/m², de acordo Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), durante o ano todo. Adesão, em 2016, à Aliança Solar Internacional (ASI), lançada na Conferência sobre o Clima em Paris (COP-21), em 2015, com 121 países, entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, nas regiões mais ensolaradas do mundo, na promoção, união e cooperação em estratégias, no estímulo ao uso, divulgação, disseminação e implantação de usinas e sistemas fotovoltaicos, torna-o um país promissor e modificador de indicadores sociais.

E em destaque, a Região Nordeste, por sua maior disponibilidade energética, em Radiação Global Média (conforme Figura 3), com 5,9 kWh/m² de radiação média global e baixa diferenciação de incidência durante o ano (ATLAS, 2021). Os projetos sociais fotovoltaicos, mesmo que pontuais na cobertura, vêm ganhando fôlego na área rural, à captação, armazenamento e utilização no uso racional da água das populações que convivem com períodos mais quentes e de estiagem severo que duram a maior parte do ano (em até 08 meses). É comum o uso de barreiros, cisternas, carros-pipas para se manterem nas regiões semiáridas.

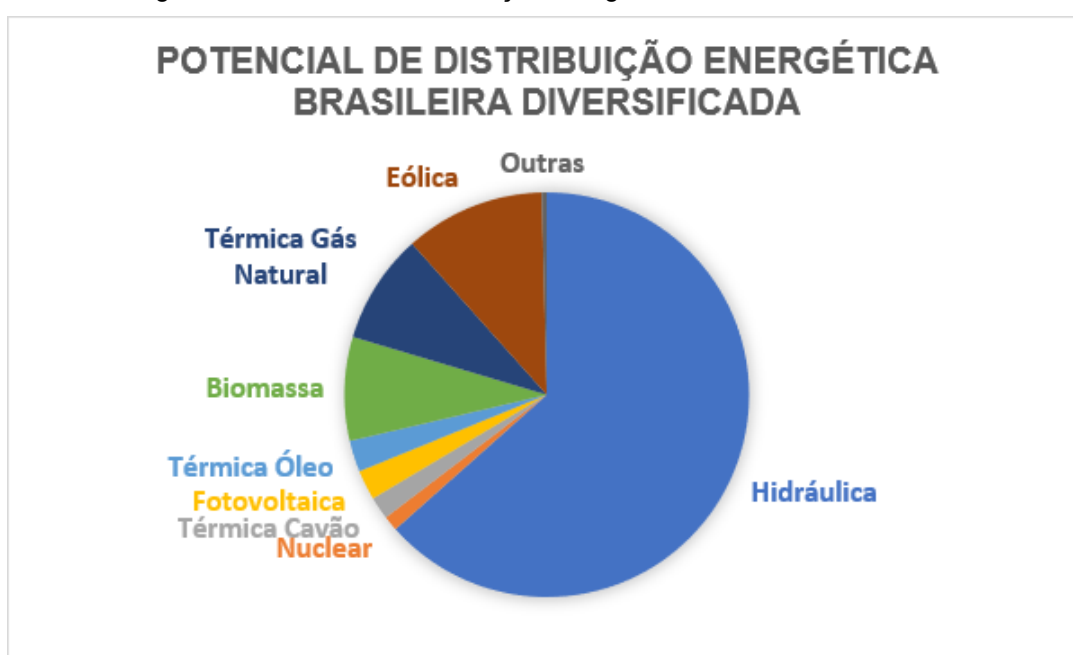
Figura 3 - Distribuição de potencial de radiação global das regiões em energia solar



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2021).

Além disso, é preciso sair da dependência energética das grandes usinas hidrelétricas (63,5%) e térmicas (9%), sendo mais prejudiciais que as energias renováveis. A energia solar, de mínima geração de 2,4% (conforme Figura 4), tardia, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020) teve um aumento da participação das fontes renováveis de 46,3%, em 2020. Avanço significativo, pois diversificar a matriz e aumentar a participação de diferentes fontes na geração de energia possibilitam soluções ambientalmente sustentáveis e a resiliência dos sistemas, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Figura 4 - Potencial de distribuição energética brasileira diversificada



Fonte: ONS (2021).

As condições hídricas do nosso país fizeram com que se buscassem outros parâmetros energéticos que conciliem o desenvolvimento das regiões mais vulneráveis de subaproveitamento, na democratização de serviços mais sustentáveis, como forma de garantir a autonomia aos povos rurais em suas produções econômicas, a minimização de impactos ambientais tais como a degradação de áreas de secas extremas e falhas de planos em gestão hídricos.

As estratégias se direcionaram ao convívio das populações rurais no investimento em tecnologias limpas. E mesmo caracterizada por condições climáticas tão antagônicas como: a escassez de água – que irá se acentuar no futuro – e a abundância de irradiação solar – que também deve sofrer incremento (VENTURA;

ANDRADE, 2013). Considera-se ainda a projeção futura para a região, na qual prevê uma intensificação da crise hídrica e consequente diminuição da disponibilidade das Usinas Hidrelétricas (HUBACK et al., 2016), a energia fotovoltaica surge como importante fonte em termos de segurança energética e alimentar das populações.

O baixo atendimento elétrico nas áreas rurais e, geralmente, de péssima qualidade no fornecimento da energia elétrica, necessária para atender as necessidades básicas para moradia e agricultura, segundo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA, 2013), com grande concentração de terras e água improdutivas e subutilizadas, agravam os níveis de exclusão social e degradação ambiental em crises recorrentes: socioambiental e econômica.

Com a propulsão de fontes energéticas de 2016 aos dias atuais, Bezerra (2020, p. 01) afirma que o Nordeste tem se tornado competitivo, uma Região promissora em energia solar e recebe vultosos investimentos, quanto à geração elétrica com a utilização dessa fonte.

Por muito tempo, as condições climáticas foram vistas como 'reféns' da realidade no semiárido brasileiro. Porém, esta interpretação vem mudando diante dos estudos e projetos socioambientais. Se por um lado, a região é considerada a mais chuvosa do planeta, em média, de condição pluviométrica entre 200 a 800 mm anuais, em relação ao restante do mundo que chove entre 80 a 250 mm.

Por outro lado, a elevada evaporação torna a situação mais crítica na região, em 3000 mm por ano, os volumes de chuva se tornam menores pela alta variabilidade espacial e temporal às reservas subterrâneas e outra influência é a pequena profundidade do solo que reduz a absorção da água da chuva que intensifica processos erosivos, naturais, sociais pelo abastecimento de aquíferos subterrâneos.

O semiárido também figura entre as regiões de maior incidência solar do Brasil, além de possuir um regime energético bastante homogêneo ao longo dos ciclos sazonais. Essas características o tornam um lugar ideal para a instalação de sistemas fotovoltaicos – FV (SIMIONI, 2017). De que forma, pode impactar na Segurança Hídrica, Produtiva e Recuperação Ambiental a este potencial de radiação global e a mananciais subterrâneos de excelente qualidade de consumo e no uso dessas áreas?

O Índice da Segurança Hídrica no Brasil (ISH), elaborado pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH de 2019, envolve dimensões estratégicas importantes, em conjunto com a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), tais quais:

- a) Dimensão Humana: Água suficiente para abastecer a população;
- b) Dimensão Econômica: Água suficiente para as atividades produtivas;
- c) Dimensão Ecológica: Água em quantidade suficiente para usos ecológicos. Sendo esta água de qualidade adequada para a manutenção da vida aquática; E, não menos importante, aos riscos ambientais, decorrentes de rompimentos de barragens de rejeitos de mineração;
- d) Dimensão de Resiliência: Aquele que envolve o potencial dos estoques de águas naturais (superficiais e subterrâneos) e artificiais do Brasil, além da capacidade de renovação dos mesmos pela precipitação. Indicando a região do semiárido, a área mais vulnerável.

Neste último item, a importância de se buscar tecnologias mais aliadas aos ecossistemas aquáticos. E por meio destas dimensões, buscar manter as relações hidrossociais em reconhecer os múltiplos caminhos possíveis de acessar água, ter emancipação e empoderamento nos processos desses sistemas. Um sistema formal de abastecimento, seguro e consciente, na interação entre águas e seres humanos, por obras hidráulicas, legislações, práticas culturais, em retirá-la do “caminho dito natural” pelo ciclo hidrológico e a colocando na rota da vida.

Há diferentes interpretações quando se fala em disponibilidade hídrica e acesso à água. O Brasil apresenta uma situação relativamente média quanto a isso, de acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018 (WWDR, 2018), o que compromete a distribuição é heterogeneidade e por apresentar características peculiares, nem sempre é a forma mais adequada a essas pessoas.

E diante das crises sanitária, econômica, social e ambiental enfrentadas pelas sociedades do século XXI, a energia solar fotovoltaica é estratégica nessa solução. Apresenta grande potencial ao possibilitar acesso à água, especialmente em comunidades rurais dispersas não eletrificadas, mesmo que com mínimos incentivos e aplica-se em uso de solos para a agricultura, agropecuária, pecuária (pastagem), reflorestamento, vegetação nativa e outros.

No cenário futuro diagnosticado pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (2022-2040) está a adoção de novas tecnologias de potabilização de água, incluindo a dessalinização e reúso de água, e de tratamento de efluentes para uso e a adoção de inovações tecnológicas no uso da água nos processos produtivos. Enquadradas no aprimoramento de matrizes energéticas sustentáveis em seus usos múltiplos de água.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a falta de água potável é responsável por 80% das mortes em países menos desenvolvidos. A água

doce corresponde a cerca de 3% da água do planeta, sendo 68,7% congelada nas geleiras e glaciares, e 30,1% em reservatórios subterrâneos. Menos da décima parte dos 3% está na superfície, em lagos, nascentes, rios e pântanos (SOUTO, 2020). Os mananciais estão secando rapidamente, somado a isso, o aumento da população à poluição urbana, rural e industrial e ao aquecimento global.

As condições hídricas em áreas rurais devem ser levadas em conta pela distribuição desigual que se dá ao abastecimento de água, geralmente por:

- 1) Água proveniente de mina;
- 2) Poço raso (cacimba);
- 3) Rede pública;
- 4) Poço artesiano.

Todos passam por regulamentações e cuidados na responsabilização dos proprietários rurais no uso consciente e legal da água. O poço artesiano, importante fonte para uso atual da Energia Solar, o mais utilizado, merece maior atenção e controle, quanto à documentação de outorga de direito de uso da água. A obediência por etapas perpassa pela Concessão do Uso da Água junto aos órgãos reguladores e assistenciais. A primeira etapa na Anuência Prévia de Perfuração e a segunda na concessão propriamente dita, no uso da água pelo documento de Outorga de Uso, suscetíveis a renovações periódicas.

A realidade é que muitos produtores rurais ou só possuem a anuência e não a outorga deste serviço, que regulamenta suas atividades diárias, ou ainda há muita clandestinidade no uso dessas fontes no semiárido, isso é sentido quando precisam renovar a licença ou adquirir recursos nos bancos. Também não há fiscalização dos órgãos de gestão hídrica no monitoramento e manutenção desta fonte hídrica.

A Lei dos Recursos Hídricos nº 9.433 de 1997 (I, IV e V), chamada de Lei das Águas, implica-se em infrações administrativas das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos e deixa claro que é preciso a concessão de outorga de uso para a exploração da água:

I - Derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso; IV - Utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas na outorga; V - Perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização.

Além disso, a perfuração de um poço requer um estudo prévio do solo e um planejamento adequado, por meio de um estudo geofísico para avaliar as condições

geológicas da região que influenciam no abastecimento e qualidade da água. Para preservação das condições físico químicas da água é preciso haver a manutenção, limpeza e desinfecção dos poços, certificar-se que seu sistema de bombeamento está funcionando corretamente. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) orienta que seja feita anualmente.

Hoje, a via receptora para a maioria das pessoas do semiárido de água e energia são por meio das cisternas, carros-pipas, poços por bombas a óleo, combustíveis fósseis, muitos em situação irregular e altamente poluentes. Outros meios desativados e isso tudo causa a insegurança hídrica, quanto à acessibilidade, confiabilidade, adequação e segurança, geram estresses, acometimento de problemas graves de saúde por mudanças climáticas severas, na baixa da qualidade de vida das pessoas.

Considerando ainda que o Brasil é um país florestal com aproximadamente 58% do território coberto por florestas naturais e plantadas (fonte: Serviço Florestal Brasileiro), perdendo apenas para a Rússia em área de florestas no mundo. Com esse volume de recursos naturais, o Brasil poderia liderar as discussões sobre preservação e desenvolvimento sustentável, mas o lobby impera e os interesses de uma minoria (bancada ruralista, dentre outros) acabam vencendo – sem mencionar a ínfima capacidade diplomática do comandante da nação (LIMA, 2021).

Portanto, o uso de Energia Solar para a geração da eletricidade beneficiaria o país, em diversos aspectos, dentre elas, traria mais segurança hídrica nas localidades mais remotas, sendo fontes gratuitas de menor índice de impacto ambiental por sua abundância, potencial ilimitado e bem distribuída. Também em favorecer sistemas independentes, autônomos e isolados. Reduziria a dependência hídrica por geração de energia elétrica, principalmente no semiárido que vivencia escassez das chuvas.

Nas áreas urbanas ainda evitariam possíveis ocorrências de futuros racionamentos, ampliariam e fortaleceriam setores industriais e comerciais de serviços e produtos no uso de fontes energéticas diversificadas, sobrecargas nos sistemas elétricos. E elevariam o potencial hídrico, produtivo das regiões, além do atendimento às pessoas, por meio da resiliência nos usos e gestão adequada ambientalmente dos recursos naturais.

Por outro lado, a extrema demanda por alimentos, água e energia tornam os sistemas produtivos mais vulneráveis devido muitos dos seus processos serem insustentáveis. Com isso, as boas práticas voltadas às atividades econômicas,

sociais, ambientais serem um grande desafio aos ecossistemas terrestres e aquáticos para toda a sociedade. A aplicação de conhecimentos e tecnologias vêm como forma de minimizar os impactos socioambientais atuais, diante das crises climáticas, segundo a visão de futuro da EMBRAPA, limite temporal 2030.

O Brasil já tem dado grandes passos em mudanças de uso da terra e florestas, agricultura, energia, indústria e transportes. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018) coloca como efetiva a ampliação no uso do mix de tecnologias à produção agrícola, segurança alimentar, ao comércio e à qualidade ambiental. Essa diversidade tecnológica pode ser o enfrentamento à escassez de recursos naturais, ao desequilíbrio climático e às demandas alimentares. As avaliações de sustentabilidade dessas práticas devem ser cada vez mais desenvolvidas e aprimoradas.

A percepção e atuação das populações sobre a eficiência energética possibilitam o entendimento do acesso à água potável, a conscientização ambiental por práticas autossustentáveis, o reconhecimento de políticas públicas sociais, a garantia econômica de vida dessas pessoas. Por isso, é importante que haja uma gestão hídrica mais consciente dessas áreas e um programa combativo ao desperdício de água, na ilegalidade dos meios, para que esse bem natural chegue com qualidade e quantidade a todos.

2.5 ENERGIAS SUSTENTÁVEIS E ECONOMIAS VERDES

Consideram-se Energias Sustentáveis obtidas por fontes inesgotáveis, que se renovam a todo tempo (Portal Solar, 2021), quando introduzidas, em realidades de alerta crítica ao meio ambiente, trazem indicadores positivos na recuperação desses universos, quanto ao uso produtivo dos espaços naturais, investimentos e conhecimentos das potencialidades, ocasionando menos impacto ambiental, na diminuição de poluição e mitigação do aquecimento global, em busca de um desenvolvimento sustentável às gerações presentes e futuras.

Exemplos delas são as fontes renováveis: hídrica (energia vinda da água dos rios), solar (energia do sol), eólica (energia produzida pelo vento), biomassa (energia de matéria orgânica), geotérmica (energia vinda do interior da Terra) e oceânica (energia das marés e das ondas).

O consumo mundial de energias fósseis (carvão, petróleo, gás) é superior às

energias sustentáveis, de 80%, alertou a Rede Elétrica Nacional - REN/21, publicado em junho de 2021. Ao mesmo tempo que houve um crescimento de 5% apenas ao ano de energias renováveis, apontando aí um distanciamento de um futuro energético limpo, mais saudável e equitativo. Os subsídios aos combustíveis fósseis em torno de 550 bilhões de dólares, em 2019. Ou seja, não se deve se contentar em apenas apoiar essas energias, devem-se inutilizar usinas de combustíveis fósseis.

O setor de energia do Brasil é baseado largamente por fontes renováveis. Apontando 58,5% na repartição da produção em energia renovável, 31,8% em não renovável e 9,7% em saldo importador da energia, segundo o Balanço Energético Nacional - BEN (2021). O acesso, a eficiência e o crescimento dos novos modelos na distribuição de energia a espaços urbanos e rurais estratégicos que aumentem seu desenvolvimento, impactem menos ao meio ambiente sob efeitos climáticos extremos e ao esgotamento dos recursos naturais que atendam a demanda da população em ganhos sociais, econômicos e ambientais.

Nesse contexto, as energias sustentáveis enxergam-se nas eólicas e solares, a dimensão espacial e temporal a regiões esquecidas por muito tempo de desenvolvimento sustentável e por meio delas, equipa, supre os recursos naturais por uma nova ecoeficiência às comunidades rurais mais longínquas. Porém, as alterações climáticas interferem na disponibilidade das fontes renováveis, segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE (2020).

Um demonstrativo legal é a Política Nacional Energética, a Lei nº 9.478/1997 que trata do aproveitamento racional das fontes de energia, proteção ao meio ambiente, utilização de fontes alternativas, mediante retorno econômico e tecnologias aplicáveis por soluções mais adequadas às diversas regiões do país, bem como a Lei nº 12.187/2009 da Política Nacional sobre Mudanças no Clima, importam-se na gestão dos recursos naturais para a segurança nacional e desenvolvimento social.

As secas recorrentes no semiárido nordestino, a poluição industrial e urbana, problemas que impactam nas produções agrícolas, no controle dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, a degradação da qualidade de água em comunidades menores, como explica Soito e Freitas, 2011, provocam vulnerabilidades energéticas e climáticas na adaptação às possíveis consequências econômicas, ambientais e sociais, segundo o Boletim Energético 2019 da Fundação Getúlio Vargas - FGV.

A Economia Verde definida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA ou UNEP, em inglês, 2017), em melhoria do bem-estar da

humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz os riscos ambientais e a escassez ecológica, promove um ciclo equilibrado de produção e consumo com técnicas menos agressoras ao meio ambiente, podendo-se relacionar ao melhoramento dos componentes orgânicos do solo, aos sistemas de irrigação com hortas manejáveis e também por técnicas mais sustentáveis, onde há o reaproveitamento de matérias-primas retiradas da natureza sem degradação, na prevenção ao assoreamento de fontes pelos módulos solares.

No avanço tecnológico dos sistemas de bombeamento de água atuais, o uso energético para a Agroecologia e Ecoturismo têm estimulado a independência e autonomia nos processos de inclusão de diversos produtores mais conscientes à preservação dos recursos naturais e ao ambiente ecologicamente equilibrado.

A Economia Verde tem como características principais: a baixa emissão de carbono, eficiência no uso dos recursos e a inclusão social (PNUMA, 2017). Porém, é avaliada até que ponto temos um país com uma política ambiental internacional de maior área na faixa dos trópicos que era para ter uma política de clima em estímulos financeiros na conservação florestal de poupar emissões de CO₂, porém os utilizadores de grande parte das terras são monocultores que fazem do uso da terra, sementes geneticamente modificadas, devastam grandes áreas e com alto grau de pesticidas.

A transformação seria no fortalecimento de pequenos agricultores, em energia descentralizada, conservação da biodiversidade e tendo a soberania alimentar no centro dos debates.

2.5.1 Agricultura Sustentável e Energia Solar

As práticas produtivas com as energias renováveis tornam-se aliadas no combate às emergências climáticas que combatem a escassez hídrica, energética, o uso inadequado de fonte superficiais e subterrâneas, a degradação do solo e a agregação de iniciativas sustentáveis para aprimoramento de suas técnicas de trabalho em relação ao meio ambiente, de acordo com Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2019).

De acordo com Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS – 12), a redução de custos, armazenamento e aproveitamento máximo dos recursos de forma circular têm se tornado prerrogativas essenciais. Agricultores familiares, artesãos,

produtores rurais em geral, pretendem produzir em maior quantidade e em larga escala com recursos reservados e na adoção de práticas sustentáveis que ajudam a manter a estabilidade do campo e a proteção ao meio ambiente para assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis e minimizar os efeitos climáticos (altas temperaturas, chuvas intensas, secas extremas, dentre outras).

No livro da pesquisadora Rachel Carson em “Primavera Silenciosa”, publicado em 1962, as críticas ao modelo convencional agrícola por uso de pesticidas já alertavam a sociedade para a questão alimentar e a contaminação de ações antrópicas ao meio ambiente.

As definições de agricultura sustentável surgiram nos anos 70 pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) e *National Research Council (NCR)* em sendo:

Agricultura sustentável é o manejo e a conservação da base de recursos naturais e a orientação tecnológica e institucional, de maneira a assegurar a obtenção e a satisfação contínua das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável (agricultura, exploração florestal e pesca) resulta na conservação do solo, da água e dos recursos genéticos animais e vegetais, além de não degradar o ambiente, ser tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável.

Houve uma Segunda Revolução Agrícola, no século XIX e XX, marcada por descobertas científicas e avanços tecnológicos (PENA, 2022). O melhoramento genético das plantas, o uso de fertilizantes químicos, o distanciamento da produção vegetal e animal e ainda a monocultura. Houve o uso de variedades melhoradas, uso intensivo industriais, fertilizantes químicos e agrotóxicos, além do uso de máquinas agrícolas no preparo do solo, durante o período da Revolução Verde, em 1970.

As discussões sobre os impactos ambientais e sociais da agricultura convencional, em meados dos anos 80, juntaram-se às questões ambientais globais (destruição de florestas, chuvas ácidas, acidentes ambientais, efeito estufa).

Na década de 80, Ana Maria Primavesi lançou o livro *Manejo Ecológico do Solo* e deu a base científica e agroecológica brasileira. No relatório de *Brundtland* elaborado pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e do Desenvolvimento (CMMAD), em 1987, o termo Desenvolvimento Sustentável ganhou uma discussão ecológica sobre a importância da agricultura e como torná-la sustentável no Brasil.

A Política Nacional de Irrigação nº 12.787/2013 se baseia no uso e manejo sustentável dos solos e dos recursos hídricos, envolvendo a redução de riscos climáticos e em regiões sujeitas a baixa ou irregular distribuição de chuvas, o que se

caracteriza o semiárido, aplicador de sistemas de bombeamento de água com energia solar fotovoltaica na contribuição do abastecimento alimentar interno das comunidades rurais e aumentar a produtividade agrícola por inovações tecnológicas de sustentabilidade ambiental.

Com a Revolução Verde, alguns avanços como o aumento da produção mundial de alimentos, redução de custos de produção, beneficiando os consumidores. Porém, os resultados ambientais e sociais não foram os melhores, trazendo a degradação dos solos pela ocorrência de erosão, acidificação, salinização e compactação. Além de desmatamentos ilegais, erosão genética e perda da biodiversidade pela especialização da produção. Além da contaminação da água, solos e dos alimentos pelo uso inadequado de adubos químicos e agrotóxicos. Intoxicação de agricultores, trabalhadores rurais e consumidores pelo uso indevido de agrotóxicos. Aparecimento de novas pragas e surgimento de pragas resistentes. Concentração de renda e exclusão social (Governo de São Paulo, 2014).

De acordo com o “*Alternative Treaty on Sustainable Agriculture*”:

O desenvolvimento sustentável é um modelo social e econômico de organização baseado na visão equitativa e participativa do desenvolvimento e dos recursos naturais, como fundamentos para a atividade econômica.

O desenvolvimento sustentável parte do pressuposto que a capacidade de utilização dos recursos e bens da natureza de acordo com a disponibilidade dos mesmos deve ser aproveitada, porém sem comprometer as suas reservas às gerações atuais e futuras.

Surge nessa vertente, a agroecologia, uma ciência e com ela, um conjunto de práticas, convergindo em duas disciplinas científicas: a agronomia e a ecologia. Como uma ciência, sendo a “aplicação da ciência ecológica ao estudo, projeto e gestão de agro ecossistemas sustentáveis”. E há evidências que a Agroecologia aumenta a produtividade no campo.

As técnicas associadas à agroecologia que conservam recursos e utilizam poucos insumos externos vêm revelando potencial para melhorar significativamente os rendimentos (NODARI; GUERRA, 2015). A agroecologia insere a agricultura na trajetória da sustentabilidade pela desvinculação da produção de alimentos da dependência da energia fóssil (petróleo e gás). Aliadas aos sistemas fotovoltaicos originam também fontes orgânicas e mantenedoras dos habitats ecológicos e humanos.

A importância do uso dessas tecnologias tem contribuído na melhoria de qualidade de vida da população que vive em condições climáticas extremas, como a baixa umidade, altas temperaturas, baixo índice pluviométrico, chuvas irregulares e escassas, pouca variação de temperatura, além de um solo pobre em nutrientes (SOUSA, 2016).

Se o aproveitamento do sol fosse voltado a estas práticas, a geração de mais energia consumida do mundo limpa alcançaria a recuperação de inúmeras áreas desprovidas de uso rural e em processo de degradação. Estimativas do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Satélites (LAPIS, 2019), ligado à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), 12,85% do semiárido brasileiro enfrenta o processo de desertificação.

Nas regiões secas, o solo é naturalmente frágil, com pouca água e pouca matéria orgânica (carbono), o desmatamento tem sido uma prática habitual nessas áreas, agravando mais os processos de degradação do solo, além dos eventos climáticos, ameaçando à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos. Para a Organização das Nações Unidas (ONU), o combate à desertificação parte de técnicas e energia sustentáveis como alternativas.

Como explica Martinelli e Cavalli (2019) sobre a preocupação com a qualidade dos produtos ingeridos e os danos ambientais causados pelo modelo convencional agrícola, os consumidores passaram a interferir no sistema de produção, por meio da demanda por produtos saudáveis, que fossem produzidos respeitando o meio ambiente e a saúde dos trabalhadores. Surgiu, então, o termo “agricultura sustentável”.

A irrigação sendo uma técnica milenar de produção alimentícia de aplicação artificial de água no solo, em quantidade e momento adequado, envolve diferentes métodos, sistemas e tecnologias, dependendo da cultura semeada, trabalha de modo multidisciplinar e conhecimentos de diversas áreas como: física do solo, agrometeorologia, fitotecnia, fisiologia vegetal, hidráulica, topografia, entre outras, no equilíbrio solo-água-planta-atmosfera resultando no rendimento máximo produtivo, como ressalta Monteiro (2021).

Segundo o Banco do Nordeste, a região Nordeste responde por 26% de toda área irrigada no Brasil, responsável por 80% de todas as frutas frescas produzidas no país e a ampliação de áreas irrigadas, aumentariam a oferta de alimentos, geração de trabalho e renda em zonas rurais, impulsionadas pelo uso de energias alternativas.

Além de ocasionar menos perdas econômicas, menos processos erosivos, traça a manutenção da biodiversidade e da diversidade de culturas agrícolas, incentiva a produção pecuária, agroflorestal sustentáveis, a pesca, a ação de polinizadores, de insetos, no melhoramento da biota do solo e de outros componentes, nos sistemas de produção e comercialização de gêneros alimentícios pela agricultura familiar.

A captação de água em áreas de terra seca permite o cultivo de terras anteriormente abandonadas e degradadas e melhora a produtividade hídrica dos cultivos. Estas técnicas de conservação de recursos com baixos insumos externos têm um comprovado potencial para melhorar significativamente a produtividade, segundo o relatório da ONU no direito à alimentação.

2.5.2 Ecoturismo e Energia Solar

O ecoturismo é um ramo do turismo em que o objeto é a natureza, que é visitada de forma sustentável, promove a educação e conservação ambiental. Pode vir a gerar empregos para a população da área rural se desenvolver, além de atrair profissionais da área urbana (Portal Eco, 2015). Dentre as modalidades do ecoturismo, destacam-se: o turismo de observação, de caráter inovador e educativo, praticado por turistas de todas as idades e aliadas à Energia Solar demarca o retorno e compromisso ambiental dessas áreas protegidas ao meio ambiente à humanidade.

Para a Organização Mundial do Turismo (OMT), o ecoturismo é o:

Segmento de atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações envolvidas.

Há práticas esportivas de diversas modalidades (asa delta, parapente, balonismo, *bungee jump*, arvorismo, observação da vida silvestre, turismo equestre, *rafting*, *duck*, cicloturismo, montanhismo, cachoeirismo, rapel, escalada, *acqua ride*, boia *cross*, canoagem, fora de estrada, espeleoturismo, canionismo, caminhada, tirolesa, flutuação, mergulho, *windsurfe*, *kite surf*), conforme classifica a variedade do ecoturismo brasileiro (Azevedo, 2022). O comércio artesanal comunitário com base sustentável envolve a responsabilidade individual e solidária nas relações de consumo.

Considerado um modelo de turismo alternativo na preocupação com a

manutenção do meio ambiente. A prática do ecoturismo tem enorme potencial no Brasil por sua biodiversidade e paisagens exuberantes e passaram a contracenar nas atividades e projetos das estruturas físicas das unidades de conservação: parques nacionais, parques estaduais, áreas de proteção ambiental, florestas nacionais, parques ambientais municipais, entre outros.

Por trás do ecoturismo, há uma série de princípios ecológicos que buscam garantir a sobrevivência do local, das comunidades vizinhas, o aprimoramento de técnicas, comportamentos, meios de produção fomentadores da região. Surgido na década de 1970, o ecoturismo ou turismo ecológico, fundado nos princípios de educação, conservação e sustentabilidade, baseado em relações sustentáveis com a natureza, em conservação e educação ambiental. Esse segmento tem ultrapassado até o mesmo o turismo convencional, cresce a taxas de 15 a 25% por ano em relação a 7,5% do turismo comum, segundo a Organização Mundial de Turismo (OMT, 2015).

De acordo com a Revista Fórum Brasil de Gestão Ambiental, a oferta turística exige também por serviços de hospedagem, transporte, alimentação, entretenimento, condução, guiamento, agenciamento atrativos na observação da fauna, flora, das formações geológicas, atividades aliadas à preocupação ambiental, atitudes que economizem em recursos naturais, para isso, as energias renováveis se enquadram neste cenário sustentável. O Brasil ocupa a 2ª posição mundial em respeito à patrimônio natural e a participação no PIB Nacional do ecoturismo, além de empregos diretos e fortalecimento na gestão dessas áreas, no Índice de Competividade Turística – pelo Fórum Econômico Mundial em 2019.

A renovação sustentável, esclarece a pesquisadora Claire Santanna Freeman, parte de uma dimensão desde a extração da matéria-prima ao uso consciente de energia limpa, em ações de preservação ambiental do ecossistema local, agregando valores da natureza aos produtos artesanais no senso de racionalização qualitativa e quantitativa nas extrações e seus cultivos (GUICHON, 2019).

Diante de crises atuais (político, social, econômico, ambiental e cultural) na era antropocênica é importante se pensar em todos os aspectos (Nascimento, 2012), buscando as melhores formas de desenvolvimento socioeconômico para as gerações atuais e futuras, isso tem que vir aliado ao crescimento econômico com inclusão e sustentabilidade ambiental.

Até 2050, segundo a EMPRABA (2021) os serviços de produção mundial na

área ambiental planejados se darão em atividades de baixo carbono. Os planos de descarbonização em diferentes atividades influenciados por ordens internacionais em diversos países nortearão ações, metas na redução de emissões dos gases de efeito estufa, na substituição de combustíveis fósseis, aumento do mercado de finanças verdes, envolvimento das populações em práticas sustentáveis e em soluções emergentes de responsabilidade ambiental ao nicho mercadológico que se abre.

2.6 INCENTIVOS LEGAIS AO BOMBEAMENTO SOLAR

Segundo Dhere et al. (2005), os estudos das aplicações e tecnologias de conversão da energia solar no Brasil iniciaram na década de 50. Ora marcado por alta produtividade científica devido a recursos financeiros, ora por baixa e falta de investimentos. Em 1955, desenvolveram os primeiros módulos fotovoltaicos no Instituto Nacional de Tecnologia e no Centro Tecnológico de Aeronáutica.

Em 1972, a inauguração do Laboratório de Energia Solar na Universidade Federal da Paraíba com a finalidade de melhorar a disponibilidade de energia rural ao desenvolvimento do Nordeste árido. Em 1978, criada a Associação Brasileira de Energia Solar com abrangência em vários estados, porém cessadas ações após dez anos. Entre os anos de 1980 a 2003, houve participação das universidades nesse processo. E entre 1986 a 1994, pesquisas descontinuadas por falta de incentivos.

As instalações dos sistemas isolados se deram no Brasil por programas governamentais, tais como: o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM) e o Programa Luz para Todos, como cita Araújo et al (2018, p. 03). Em 1995, instalado o primeiro sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica na Companhia Hidrelétrica de São Francisco (CHESF). Atualmente, muitas universidades, centros de pesquisas e empresas de setor de energia atuam na implementação e avaliação de sistemas e módulos fotovoltaicos (Energy Green, 2015). Araújo, et al (2018, p.03) ainda enfatiza que há a isenção de impostos na maioria dos estados brasileiros sobre a energia compensada.

No ano de 2002, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) iniciou estudos para o estabelecimento de regulamentação das especificações técnicas necessárias à instalação dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFIs) destinados ao fornecimento de energia elétrica aos consumidores isolados da rede elétrica de distribuição, o que resultou na publicação

da Resolução Normativa No 83/2004, posteriormente revogada e substituída pela Resolução Normativa no 493/2012, a qual regulamenta também o fornecimento de energia por meio dos Microssistemas Isolados de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDIs).

Em 2003, instituído pelo Governo Federal, o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Programa Luz para Todos (LpT), através do Decreto no 4.873/2003, e alterado pelo Decreto no 6.442/ 2008, que tem por objetivo prover o acesso à energia elétrica a todos os domicílios e estabelecimentos do meio rural de forma equânime com usos alternativos.

A legislação no setor da Energia Solar é recente e gera oscilações em suas formas de uso e compensação ambiental aos usuários. Em 2012, a Resolução 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) permitiu acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica nacionais (as redes elétricas convencionais). Os sistemas fotovoltaicos regulamentados pela ANEEL no Brasil. A REN 687/2015 teve alguns ajustes no setor energético à resolução anterior com três novas modalidades de geração distribuída: autoconsumo remoto, geração compartilhada e empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras.

A transição energética ainda é um desafio para o país nos processos de distribuição, concessões, regulações em formas autônomas que tragam baixos custos, simplificadas operações e múltiplas funcionalidades ao uso racional. Em se tratando do meio rural, a solução ambiental ainda é 'tímida' e corresponde somente a 13,1% da potência em geração distribuída solar no Brasil, segundo ANEEL, 2021. O debate é restrito às concessionárias, órgãos federais e leilões privativos.

O Brasil incrementa-se nas renováveis pelo Sistema de Informação da ANEEL de concessão outorgada, os maiores geradores são: São Paulo, (25,8%), Pará (23,5%), Minas Gerais (23,2%) e Bahia (21,8%). Destacam-se Minas Gerais (6,5%) e Bahia (4,4%). O Piauí tem uma capacidade instalada de 3,4% e 7,2% de energia eólica, atualmente e 98,76%, quase 100% da geração distribuída.

2.6.1 Regulamentações nos Projetos de Captação de Água

Em se tratando de sistema de bombeamento *off-grid* que se equipara a sistemas independentes, não conectado à rede elétrica, cujo custo-financiamento é zero e permanência livre sem qualquer taxaço sobre o consumo. Surgindo entre as

décadas de 1950 e 1970, com objetivo de levar energia elétrica a lugares remotos, onde as redes de distribuição não tem domínio, segundo o blog BlueSolar Energia Solar (2021). As leis atuais são voltadas ao fomento, apoio e expansão das tecnologias para as áreas rurais.

A publicação da ABNT NBR 16690:2019 - que trata de instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projetos, fundamental para o estabelecimento de uma base normativa sólida para esse segmento e com ela, a reflexão de quem será a responsabilidade da aplicação dessas normas e pela garantia da segurança dos usuários, onde existam sistemas fotovoltaicos.

Atualmente, os responsáveis dessa energia, conhecidos por prosumidores (produtores e consumidores de sua própria energia) ocupam destaque na gestão das energias renováveis. Sabendo que, essas novas instalações podem conter riscos de alta, média ou baixa tensão e as normas técnicas ainda estão em construção na garantia de segurança aos usuários, por pessoas leigas em eletricidade, há necessidade de se verificar estes serviços e o aproveitamento adequado.

Seria dos prosumidores, já que eles serão produtores? O termo “prosumidor”, um neologismo adaptado do seu congênere em inglês *prosumer*, criado pelo escritor norte americano Alvin Toffler para indicar o novo papel do consumidor na sociedade pós-moderna (CANAL SOLAR, 2020). O senso lógico é que os prosumidores, na maioria das vezes, são pessoas não especializadas em eletricidade e os serviços ficariam a cargo dos fornecedores dos sistemas, por toda instalação elétrica conter risco associado e a segurança ter um papel fundamental em seu resultado.

Desde a primeira geração do sistema de bombeamento fotovoltaico até hoje, a Energia Solar tem mudado cenários, desobrigando administrações públicas e concessionárias nas populações que viviam em condições de pobreza e baixa renda, a terem seus sistemas produtivos em pleno funcionamento e gerando a economicidade verde que precisam, atendendo a milhões de pessoas no semiárido

No Estado do Piauí, instituída a Lei Ordinária Nº 5.936 de 30/11/2009 que incentiva o aproveitamento desta energia como forma de racionalizar a energia elétrica com a implantação de sistemas ecologicamente corretos, envolvendo tecnologia, empreendimentos particulares, públicos, residenciais, comunitários, comerciais e industriais e em arranjos por energia solar fomentar a geração de emprego, renda e comercialização de produtos a partir de sua utilização.

No artigo 3º da lei nº 5.936/2009 (parágrafos I e IV), na implementação da

política regulada por esta Lei, cabe ao Estado:

I - Apoiar a implantação e o desenvolvimento de projetos que contemplem como fonte subsidiária de energia a utilização de equipamento de energia solar; IV - Criar mecanismos para facilitar o fomento do uso e comercialização dos produtos inerentes ao sistema da energia solar.

Ainda trata de realizar um planejamento, coordenação de incentivo, viabilidade técnica e econômica no acompanhamento e suporte técnico desses projetos no Estado. Teoricamente, não há sujeições previstas de alterações para estes prosumidores. O Piauí só veio ter este 'start' muito tempo após a governança local vivenciar graves crises hídricas crônicas na região do semiárido, comprometendo a saúde, economia, a sustentabilidade e as rendas de milhares de famílias rurais, por meio de iniciativas de inúmeras instituições no incentivo dessas comunidades e por programas sociais.

2.6.2 Cuidados no Uso de Sistemas de Bombeamento de Água

De acordo com Fedrizzi (2003, p.35) os principais problemas desses projetos estão relacionados à manutenção dos sistemas a longo prazo, pois mesmo que tenha havido a participação e capacitação das comunidades para a reparação de avarias, a reposição de um equipamento mais oneroso, como no caso de uma bomba ou inversor, pode estar acima da realidade do que a população pode pagar.

É preciso conhecer o tipo de manancial, a geologia local, a qualidade de água, além das características geográficas e culturais dos projetos, bem como as formas de abastecimento local e a aceitação dos serviços pelos usuários para a redução de impactos negativos do empreendimento, segundo Fedrizzi (2003).

Na inter-relação entre o recurso solar e hídricos, equipamentos que compõe os sistemas fotovoltaicos como os painéis solares concentram toda a energia captada através do Sol e alimentam diretamente a bomba solar, não necessitando de energia elétrica, dispensando o uso de bateria estacionária. A bomba em funcionamento consegue realizar o trabalho de captar a água do poço, de reservatório, cisternas e até mesmo aquíferos em bombear para um local desejado (NEOSOLAR, 2021). Porém, é preciso serem dimensionados para os usos apropriados e eficiência dos sistemas de prospecção de água e distribuição energética.

A fabricação de células solares de acordo com Araújo, et al (2018, p.03) no

Brasil advinha de duas indústrias. Atualmente, este mercado elevou a nove fábricas, o que movimentado a produção, comercialização e manutenção destes dispositivos e produtos de diversos de inversores, na expansão comercial desta atividade.

A bomba solar, também chamada de bomba de água por meio da energia fotovoltaica pode ser ligada ao sistema fotovoltaico ou por um drive de controle. O equipamento é importante para transportar água dos rios, lagos, represas ou poços e utiliza a energia para seu funcionamento. Normalmente é longa e cilíndrica para facilitar a instalação em poços, mas podem ser instaladas em reservatórios ou no próprio manancial superficial ou subterrâneo. Suas características basicamente são: pressão baixa, manutenção mínima e não opera a seco.

Como lista o Manual de Operação e Manutenção de Poços do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE (2007), alguns fatores essenciais, na determinação de um sistema de bombeamento adequado a ser instalado, estão: a profundidade e o diâmetro do poço, o nível estático da água e seu rebaixamento, a vazão desejada, o regime de funcionamento da bomba, a qualidade da água, os custos iniciais e de manutenção e a potência requerida.

Atende a uma variedade de aplicações: agricultura, pecuária, residencial e comunidades, reservatório e armazenamento, dessalinização e purificação da água. As bombas podem estar submersas (essas mais utilizadas na região do semiárido, devido à condição de seus mananciais serem mais potáveis nos aquíferos e de grande profundidade) ou na superfície (SEBRAE, 2021).

Existem diferentes tipos, marcas e modelos de sistemas de bombeamento e cada um se adequa a situações determinadas, considerando-se as características construtivas e variáveis hidráulicas de cada poço na qual for associado.

Também é preciso observar na perfuração do poço, o espaçamento entre os equipamentos, se o terreno suporta a perfuração, se há risco ambiental e os traços geológicos da região. Alguns cuidados devem ser tomados em bombas submersas, atenção ao isolamento de cabo para evitar infiltrações e danificar o equipamento. Abaixo seguem as gerações de bombas e suas evoluções (Quadro 1).

Quadro 1- Evolução das gerações de tecnologias das bombas

	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração	4ª Geração
Tecnologia	CC com Escova	CA + Inversor	CC sem Escova + Controlador Externo	Controlador Integrado
Vantagem	Baixo custo	Fácil para substituir sistemas já instalados	Fácil manutenção	Sinal estável Maior confiabilidade ao sistema
Desvantagem	Vida útil curta Baixa eficiência	Baixa eficiência (10%) Sinal instável	Sinal instável Menor confiabilidade do sistema	Manutenção mais difícil

Fonte: Empresa Neosolar (2021).

Quanto aos painéis fotovoltaicos, deve-se prestar atenção na garantia das placas que têm vida útil em até 25 anos. Realizar a manutenção em indicação a técnicos especializados. Também a limpeza das placas na área rural é frequentemente importante, devido ao contato com a poeira nessas áreas, impedindo a eficiência das mesmas. Cuidados com animais ao pousar nas placas que podem danificar e comprometer o uso do equipamento e atenção aos períodos mais críticos climáticos.

Por serem sistemas isolados, os chamados *off-grids*, ou seja, trabalham desconectados da rede elétrica da concessionária, é preciso calcular minuciosamente o seu sistema, para não correr riscos de ficar sem energia, caso falte sol. Não é preciso o envio do projeto para a concessionária de energia, porém é preciso de conhecimentos técnicos para a instalação correta. Afinal, não é porque se trabalha em sistema isolado que se fará de qualquer jeito, sendo executado por profissionais habilitados, de acordo com especialistas no assunto (Portal Bluesolar, 2021).

Segundo a *Engenhall Energias Renováveis* (2021), primeiramente, a análise da geração de um sistema com irradiações diferentes, na escolha da bomba e reservatórios são de fundamental importância para se redimensionar e potencializar as horas de funcionamento, energia por hora gerada. Para isso, é preciso saber a vazão e a quantidade de água que vai precisar bombear durante todo o dia. No mercado, encontram-se diversas bombas de todos os tamanhos e funções a depender

do projeto. Nela estará a potência, tensão, corrente, vazão e altura. Para se determinar o cálculo de energia diário da bomba precisará consultar a irradiação solar da região, calcular o dimensionamento do número de módulos e do banco de baterias. A partir daí, saberá a eficiência do sistema.

Outro cuidado é o local a ser instalada a bomba de água com energia solar que seja em lugares protegidos da chuva e intempéries. Ela deve se encontrar acima da superfície de água e atentar para a altura máxima de sucção, levando em conta os períodos de alta e baixa dos reservatórios na hora da instalação. Também evitar tocar na bomba durante seu funcionamento, pois ela esquenta e recomenda-se a utilização de um filtro na entrada da tubulação para não danificar o equipamento com sujeiras (*Engenhall Energias Renováveis*, 2021).

Em relação ao trabalho técnico de instalação, a *Engenhall Energias Renováveis* (2021) explica quanto às bombas submersas, atenção ao isolamento necessário da conexão do cabo a fim de evitar infiltrações e danos aos equipamentos. Ao submergir a bomba solar de água, utilizar uma corda ou cabo de aço para descê-la ao poço artesiano ou reservatório, afim de evitar o uso do cabo elétrico da bomba, pois poderá rompê-la. A bomba de água deve ficar pelo menos 5 metros do nível dinâmico do poço, mas mantenha uma certa distância do fundo.

A aquisição deste sistema é de extrema importância para a região do Semiárido, principalmente no Estado do Piauí devido aos períodos mais quentes, conhecido por B-R-O BRÓ, marcado pelos meses do ano de setembro a dezembro, onde houve uma mudança de comportamentos por parte de agricultores que antes utilizavam bombas a óleo e havia mais chances de queima de aparelhos e do próprio equipamento, havendo mais perdas em suas produtividades.

O avanço dos sistemas de bombeamento de água com energia solar fotovoltaica (Neosolar, 2021), empresa técnica, está na preocupação da escolha, instalação, capacidade, manutenção e limpeza dos equipamentos e retornos de aumento da produtividade, confiabilidade e proteção das fontes de água. Chegam a transportar um grande volume de água por dia (até 50 mil litros) a base de painéis solares em um abastecimento que dura o ano inteiro, mesmo em períodos de seca, garantindo a segurança das plantações irrigadas, animais alimentados em sistemas simples, sistemas produtivos conectando bombas a uma fonte de água, placas solares e cabos.

3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

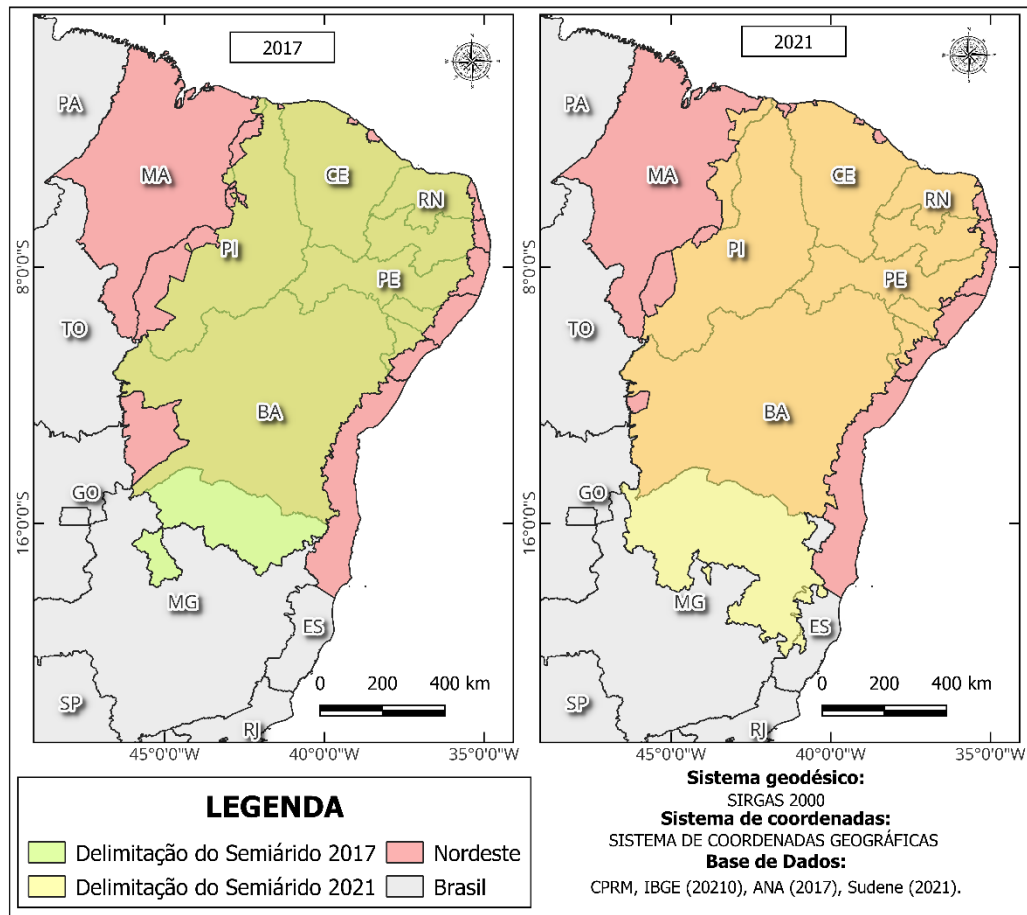
O Piauí é o terceiro maior estado brasileiro da região Nordeste em área territorial. Embora seja uma das unidades com menor densidade demográfica do país. Tem o menor litoral do território nacional com extensão de 66 km. Categorizam-se pelos climas: Tropical quente e úmido – influência do ambiente amazônico – e o clima Semiárido – caracterizado pelo Sertão Nordestino. Os domínios vegetais que cobrem o território piauiense: Mata dos Cocais, Caatinga e Cerrado. População estimada de 3.289.290 pessoas (IBGE, 2021).

Considerado rico nas potencialidades da água no semiárido, com 9.608 m³/hab./ano na disponibilidade hídrica per capita. Dos estados nordestinos, pertencentes ao Semiárido, apenas o Piauí está em situação confortável (considerado um estado rico em ofertas hídricas, pelo fato de fornecer volumes superiores a 5.000 m³/hab./ano), fato este da riqueza significativa de água em seu subsolo e da existência de um grande rio perene - o Parnaíba - que faz fronteira com o estado do Maranhão (SUASSUNA, 2012).

Uma das regiões central e estratégica é o semiárido brasileiro, propulsora ao uso das energias renováveis. Ocupa mais de 12% do território nacional (1,03 milhão de km²), abrange 1.427 municípios brasileiros, considerando a delimitação atual da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (2021). Aproximadamente 27 milhões de pessoas vivendo na região semiárida, 12% da população brasileira, segundo o Ministério da Integração Nacional. A maior parte no Nordeste e concentra cerca de 80% de comunidades quilombolas.

De acordo com a SUDENE (2021), a maioria dos municípios do Piauí situa-se na região do semiárido (215 dos 224 municípios), demandando por mais políticas públicas de desenvolvimento e diminuição das desigualdades, sendo as energias renováveis, forças-vetores nestes intuitos, conforme Figura 5, inclusos nos critérios técnicos climáticos: - Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; - Índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico (precipitações e evapotranspiração potencial) no período entre 1961 e 1990; - E percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Figura 5 - Nova delimitação da região semiárida no Nordeste, incluindo 31 municípios



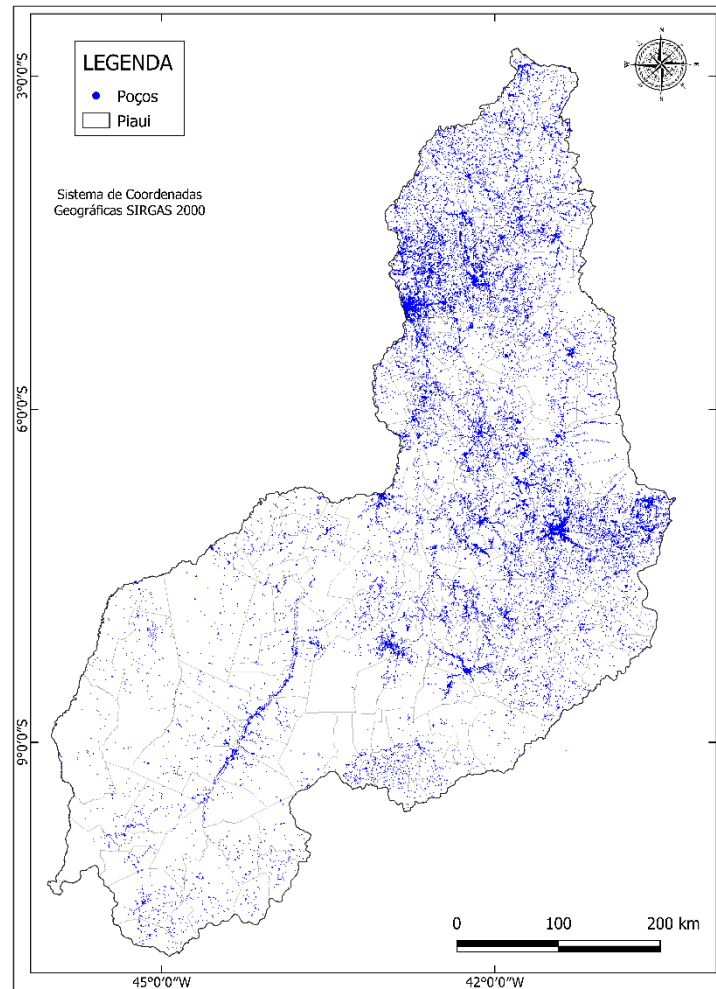
Fonte: SUDENE (2021).

No Estado do Piauí, a condição hídrica geológica se apresenta de outra forma, de um potencial acumulatório em suas represas de 2 bilhões de m³, apresenta boa parte de seu território com geologia sedimentar (junto com o Estado do Maranhão, o Piauí detém cerca de 70% das águas de subsolo de todo o Nordeste, portanto com enorme riqueza de água subterrânea). O Estado está numa classe considerada rica por ordenamento, disponibilidade e número de habitantes (mais de 5.000 m³/hab/ano) no período de um ano, pois oferta cerca de 9,6 mil m³/habitante/ano e grande potencial para as energias renováveis (SUASSUNA, 2019).

O Piauí, em relação as fontes hídricas, é considerado o 2º estado brasileiro e do Nordeste que mais perfura poços no Brasil: São 36.335 poços e fontes cadastrados, atrás somente do estado do Pernambuco (37.767 poços) - dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), atualizados em março de 2022. A distribuição dos poços no Piauí se concentra nas regiões Norte e Centro-Sul, como apresentado na

Figura 6, boa parte desses poços não estão em condições sustentáveis às populações (paralisados, sem manutenções adequadas, oferta de água sem qualidade de consumo humano, principalmente os de uso público das comunidades rurais de baixa renda). A verificação técnica na adequação dessa realidade ao uso da Energia Solar seria uma retomada à alternativa energética no Estado.

Figura 6 – Distribuição de poços no estado do Piauí



Fonte: SIAGAS - CPRM (2021).

Pelos municípios se encontrarem na Bacia Sedimentar, os solos geralmente são profundos (superiores a 2 m, podendo ultrapassar 6 m), porosos, com alta capacidade de infiltração, baixo escoamento superficial e boa drenagem natural. Estas características possibilitam a existência de um grande suprimento de água de boa qualidade no lençol freático que, pela sua profundidade está totalmente protegido da evaporação. No Nordeste, este conjunto está localizado em praticamente todo o Estado do Maranhão, no Piauí (SUASSUNA, 2019).

Vale ressaltar que apenas o rio Gurguéia e rio Uruçuí Preto são perenes no estado do Piauí e de baixíssima vazão no período mais seco do ano, já a bacia do rio Parnaíba (75% localizado no Piauí, 20% no Maranhão e 5% do Ceará - CPRM), é perene devido ao lençol freático lançar água em seu leito durante o ano todo. A região hidrográfica do Parnaíba em três grandes sub-bacias – Alto Parnaíba, Médio Parnaíba e Baixo Parnaíba e em quatro microrregiões: do Cerrado, do Semiárido, do Meio Norte e Litoral (CODEVASF, 2016).

Pelo monitor de secas, o Piauí devido às anomalias positivas de falha nos últimos meses, houve seca no sul e leste do estado, que passou de seca (S0), como um recuo da falha (S0) na faixa central do estado e os impactos passam a ser a longo prazo que incluem a hidrologia e ecologia como dominantes, tais como diminuição de plantio, alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas (ANA, 2022).

Para a compreensão da realidade social, econômica e ambiental das áreas sob investigação, caracterizou-se os municípios José de Freitas e Coronel José Dias e suas respectivas comunidades rurais com a implantação dos sistemas de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica: no Assentamento Marcos, em arranjos da agroecologia, em José de Freitas-PI e o povoado Barreirinho, nas atividades de ecoturismo e produção artesanal, em Coronel José Dias-PI, observando os impactos socioambientais, ambas na região do semiárido piauiense, na Bacia Sedimentar do Parnaíba que abriga mais de 4,8 milhões de pessoas, 279 municípios e em três diferentes biomas: Cerrado, Caatinga, Costeiro (CODEVASF, 2018).

3.1 ÁREA DE ESTUDO 1 - JOSÉ DE FREITAS-PI

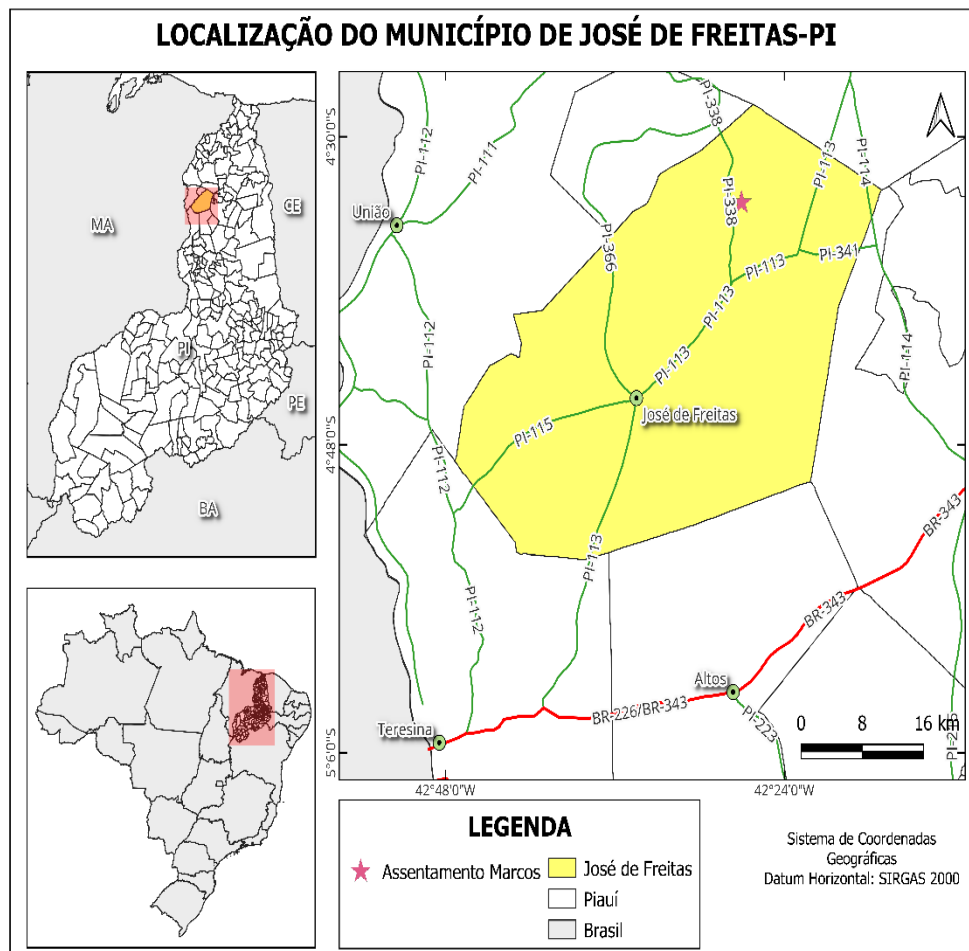
O município localiza-se na Mesorregião do Centro-Norte piauiense e Microrregião de Teresina, Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina e destaca-se em projetos fotovoltaicos, integra o Território Entre Rios, em território de desenvolvimento e macrorregião Meio-Norte caracterização por região ambiental.

As comunidades rurais de José de Freitas vêm se destacando pela instalação dos sistemas de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica à irrigação e técnicas agroecológicas, atualmente, inscritas no projeto de Extensão Científica, envolvendo instituições de ensino (Universidade Federal do Piauí, Instituto Federal do Piauí Campus de José de Freitas), comunidades rurais e parceiros (Instituto Piauí

Solar, ONGS, Rede Ambiental do Piauí, Garagem Orgânica, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR).

José de Freitas é a 10ª cidade mais populosa do Estado do [Piauí](#) e de uma população estimada em 39.457 habitantes pelo IBGE (2021), onde 15.485 pessoas vivem em área rural. Compreende uma área total do município de 1 538,205 km². De limites territoriais, ao norte, os municípios de Lagoa Alegre, Cabeceiras do Piauí e Campo Maior, ao sul Altos e Teresina, a leste Campo Maior, e a oeste União, Lagoa Alegre e Teresina, em clima tropical úmido (Figura 7).

Figura 7 - Localização do município de José de Freitas-PI



Fonte: IBGE (2020). Adaptado pela autora (2021).

3.1.1 Aspectos fisiográficos do município de José de Freitas-PI

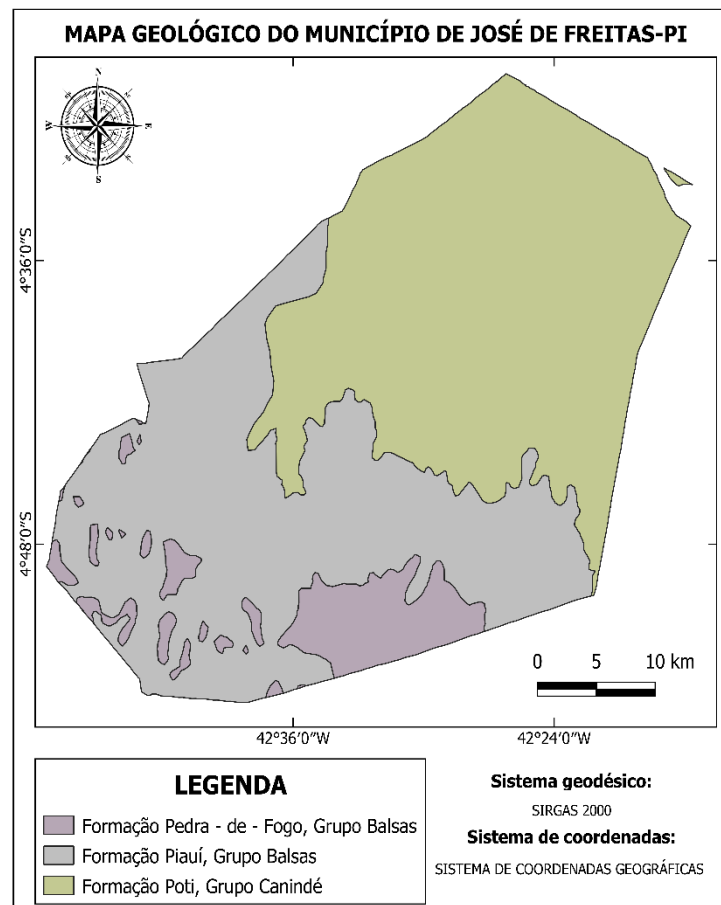
José de Freitas tem o clima tropical úmido (Aw), altitude de 138 metros. A sede municipal tem as coordenadas geográficas de 04°45'21" de latitude sul e 42°34'33 de longitude oeste de Greenwich e dista cerca de 48 km de Teresina. Predomina o bioma Cerrado (IBGE, 2022). Destaca-se pelos turismos: religioso, ecológico, de aventura e lazer. O tradicional festejo da padroeira da cidade, Nossa Senhora do Livramento.

De acordo com a CEPRO (2013), o clima tropical de José de Freitas-PI é alternadamente úmido e seco, com duração do período seco de seis meses, temperaturas médias entre 22°C a 37°C. Sua vegetação caatinga/cerrado categoriza-se em parque, floresta decidual secundária mista e babaçual. A precipitação pluviométrica de 1.484,7mm. Os recursos hídricos: Rio Maratoã, riachos São José, Areia Branda, Palmeirinha e dos Cavalos e açude Pitombeira e barragem do Bezerra. Os solos se classificam em: latossolos vermelho-amarelo, associados a areias quartzosas distróficas, solos hidromórficos e podzólico vermelho-amarelo abrupto (CEPRO, 2013).

Relevo em áreas deprimidas que formam lagoas temporárias, chapadas baixas, relevo plano e partes onduladas. Geologicamente, tem a formação Pedra de Fogo reúne arenito, folhelho, calcário e siltito em unidades, cujas litologias afloram nos limites do município, pertencem às coberturas sedimentares. Também a Formação Poti (arenito, folhelho e calcário).

Na base da sequência repousam os sedimentos da Formação Longá, a qual agrupam esses componentes no solo do município (Figura 8). Constituída de folhelhos cinza-escuros, fósseis e micromicáceos, tem, subsidiariamente intercalados, siltitos cinza, micáceos, laminados. Esse conjunto de estratos foi depositado em ambiente nerítico plataformar, sob condições de mais baixa energia deposicional, posicionados através de fauna de invertebrados no Neofameniano (Devoniano), detalha CPRM (2010).

Figura 8 - Formações geológicas de José de Freitas-PI

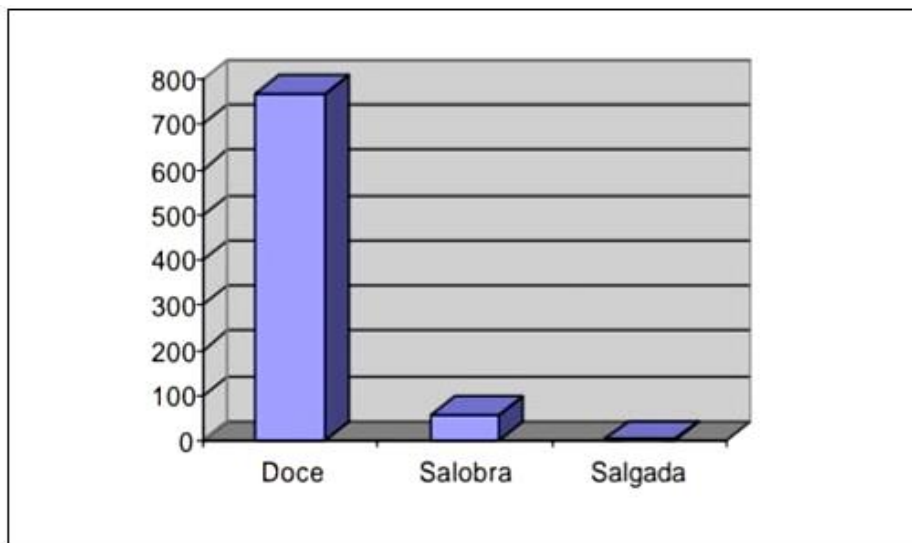


Fonte: CPRM/2004.

Seu território é composto por 82% pelo bioma Caatinga e 18% pelo bioma Cerrado, compondo um município do Semiárido Brasileiro (IBGE, 2022).

Em termos de usos de poços por água subterrânea do município de José de Freitas em um panorama geral sobre o aproveitamento da energia solar, houve avanços na diversificação energética e em processos distribuidores de água no Estado do Piauí (Figura 9), de acordo o serviço geológico (CPRM, 2004).

Figura 9 - Qualidade das águas subterrâneas de poços cadastrados em José de Freitas-PI



Fonte: CPRM (2004).

O município registrava: 915 pontos d'água, sendo quatro poços escavados (cacimba ou amazonas) e 911 poços tubulares. Abrange 790 particulares e 125 públicos, distribuição bem desigual para atendimento de famílias rurais de baixa renda, segundo CPRM (2004). Resultados preliminares do IBGE (2010), a existência de 5.407 por rede geral distribuidora, 2.113 poços ou nascente e outras formas (1.702).

A situação dos poços de José de Freitas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2010) é que existam alguns poços em operação, outros paralisados (sem manutenção ou quebra de equipamentos), não instalados (perfurados, mas sem equipamentos de sistema de bombeamento - SB e distribuição) e abandonados (poços secos e destruídos). Existiam 95 poços públicos e 612 particulares (energia elétrica); enquanto, 30 públicos e 178 particulares em outras fontes energéticas - energia convencional, eólica (cata-vento), solar e combustível (óleo diesel, gasolina, etc.).

3.1.2 Aspectos socioeconômicos do município de José de Freitas-PI

Criado pelo Decreto nº 01.186 de 18/03/1931, o município de José de Freitas-PI tem uma densidade demográfica de 24,11 hab./km². População estimada pelo IBGE (2021) de 39.457 pessoas e principais atividades econômicas:

agropecuária, indústrias e serviços (Prefeitura Municipal de José de Freitas, 2021).

A sede do município dispõe de energia elétrica distribuída pela Equatorial Energia Piauí, redes móveis em cobertura, uma empresa de correios e telégrafos, uma companhia de Água e Esgotos do Piauí S.A. e agricultura do município em lavoura permanente (banana, castanha de caju, laranja, limão e manga– IBGE 2020) e sazonal de arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca e milho.

Em 2019, o salário médio mensal em torno de 1.8 salários mínimos e a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total de 6.9%. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até 1/2 salário mínimo por pessoa, 51.7% da população nessas condições, o que o coloca na posição 170ª das 224 cidades do estado e posição 1056 de 5570 dentre as cidades do Brasil (IBGE, 2020).

Segundo Censo – IBGE/Rural – PNRS (2010), a população residente na zona rural é de 46.9%. Quanto à escolarização um percentual de 98,7% de pessoas escolarizadas de 06 aos 14 anos. Tem 37 estabelecimentos de ensino fundamental e apenas 05 escolas para o ensino médio. A renda per capita do município, PIB per capita (2019) em torno de R\$ 9.437,40. Apenas 6,9% das pessoas ocupadas. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 19.2 para 1.000 nascidos vivos. As internações maiores acontecem por conta de diarreias de 4.1 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2020).

Em relação às condições sanitárias do município, segundo IBGE (2020), apresentam-se inadequadas devido apenas 39% de domicílios terem esgotamento sanitário apropriado; 58,9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0,2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Também, 33% da população não tem acesso à água. Não há tratamento de esgoto a 96.2% da população e registram centenas de internações por doenças de veiculação hídrica, conforme aponta o Painel de Saneamento Brasil, 2020. Tem um Índice de Desenvolvimento Humano – IDH de 0,618, considerado médio em relação à saúde, educação e renda (Biomás – MMA/Informações sobre Saneamento – SNIS/Ministério das Cidades, 2021).

A zona rural tem aumentado o número de povoados, acessibilidade e novos empreendimentos. Ganhado espaço cultural e religioso para acampamentos, eventos culturais, visitação de monumentos, trilhas e contato com a natureza (Vila Pag a), Morro do Fidi  (patrimônio turístico natural) com pequeno Mirante com vista de toda a cidade até a Serra de Santo Ant nio em Campo Maior, além da Barragem do Bezerra

(pesca, descanso e práticas de *jet ski*), segundo a Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Turismo (SEMAT – 2020).

3.1.3 – Assentamento Marcos – José de Freitas-PI

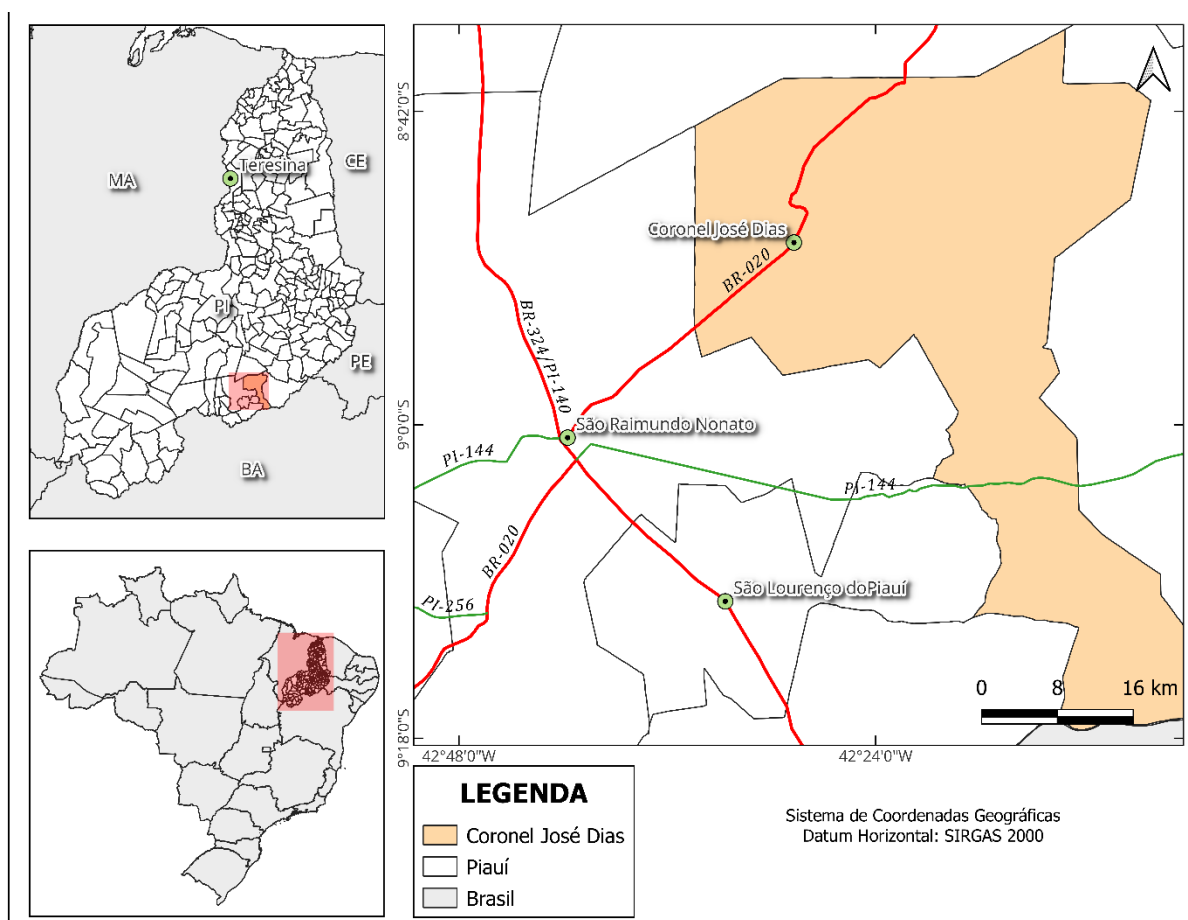
O projeto Energia Solar para Bombeamento de Água no Semiárido Piauiense realizado pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) instala sistemas na região de Campo Maior, Floriano, José de Freitas e Oeiras. Ao todo, 10 sistemas recentes instalados estão em funcionamento e sendo usado na agricultura familiar, informa a coordenação do programa Canindé Solar da Universidade Federal do Piauí – UFPI (2021).

O Assentamento Marcos é uma pequena comunidade rural, fundado em 2002, localiza-se a 15 km de José de Freitas. Abrange aproximadamente 42 famílias e uma associação comunitária “Horta Orgânica Tulio D’Giovanni”. Recebeu o seu primeiro sistema bombeamento de água por energia solar fotovoltaica, em outubro de 2020, através do Projeto Canindé Solar, beneficiando 10 famílias com sistemas de irrigação, no incentivo à produção orgânica da horta comunitária.

3.2 ÁREA DE ESTUDO 2 - CORONEL JOSÉ DIAS-PI

O município de Coronel José Dias compreende uma área de 1.926,103km² e limites ao norte com o município de João Costa, ao sul com Dirceu Arcoverde e o estado da Bahia, a oeste com São Raimundo Nonato e São Lourenço do Piauí e a leste, Dom Inocêncio. Localiza-se na mesorregião do Sudoeste Piauiense e Microrregião de São Raimundo Nonato, macrorregião do Semiárido (IBGE, 2022). Localiza-se uma das mais importantes unidades de conservação mundial de proteção integral, o Parque Nacional Serra da Capivara (Figura 10).

Figura 10 - Localização do município de Coronel José Dias-PI



Fonte: IBGE (2020). Adaptado pela autora (2021).

A sede municipal de coordenadas geográficas 08°48'59" latitude sul e 42°30'45" longitude oeste, a cerca de 523 km de Teresina. No plano estadual de desenvolvimento sustentável situa-se na macrorregião dos Semiáridos Piauienses, Território Integrado da Serra da Capivara, de acordo com a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais – (CEPRO, 2019).

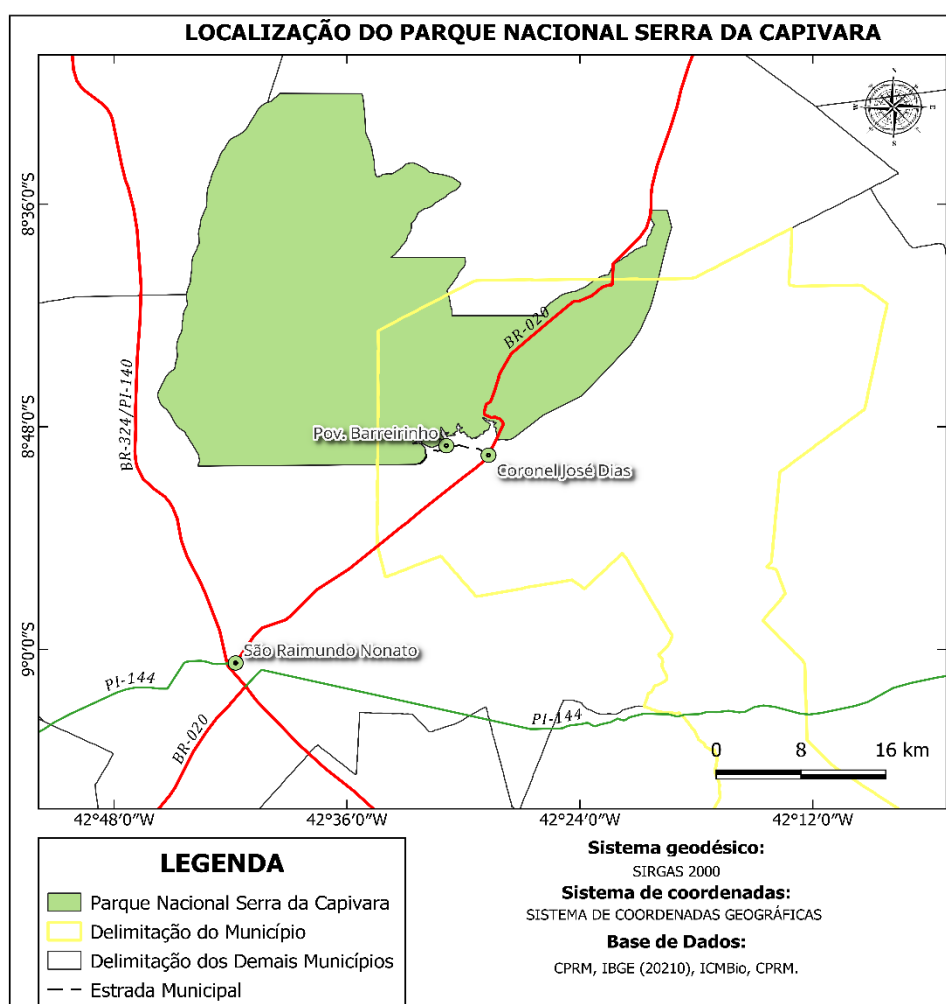
O Território Serra da Capivara integra por 18 municípios: Anísio de Abreu, Bonfim do Piauí, Campo Alegre do Fidalgo, Capitão Gervásio Oliveira, Caracol, Coronel José Dias, Dirceu Arcoverde, Dom Inocêncio, Fartura do Piauí, Guaribas, João Costa, Jurema, Lagoa do Barro do Piauí, São Braz do Piauí, São João do Piauí, São Lourenço do Piauí, São Raimundo Nonato e Várzea Branca, de acordo com caderno do perfil territorial (IBGE, 2020).

A população estimada pelo IBGE (2021) em torno de 4688 habitantes, sendo a grande maioria (3.050 pessoas) residente na zona rural. Invariavelmente, sofre efeitos mais severos da estiagem, a população em períodos chuvosos armazena água

para consumo humano e para a criação de animais. Pioneiros nos sistemas de bombeamento fotovoltaico e em outras fontes energéticas como alternativas à população no aproveitamento hídrico e térmico na região.

Atividades econômicas presentes no Território Serra da Capivara: o ecoturismo e produções artesanais, indicadores positivos para o desenvolvimento regional. Abaixo imagem dos beneficiados com o projeto Petrobrás Ambiental com instalação dos primeiros sistemas de bombeamento por energia solar fotovoltaica (Figura 11).

Figura 11 - Localização do Parque Nacional Serra da Capivara e municípios beneficiados do projeto Petrobrás na região



Fonte: ABHA (2012). Citado por Moraes (2012). Adaptado pela autora (2022).

Esse território faz parte da sub-bacia do Rio Piauí (Bacia do Parnaíba) e está localizado em uma área de transição dos biomas Cerrado e Caatinga, ocupando aproximadamente 3,4 % do território piauiense (ABHA, 2012).

3.2.1 Aspectos fisiográficos do município de Coronel José Dias

Coronel José Dias localiza-se no sopé do Parque Nacional da Serra da Capivara a 33 km de São Raimundo Nonato e a 548 Km de Teresina. O clima é considerado tropical semiárido quente, com duração do período seco de sete a oito meses, índices pluviométricos de 516,3 mm/ano. As chuvas são escassas e distribuídas irregularmente durante 04 ou 05 meses do ano, quase sempre de dezembro a março. A temperatura média anual em torno de 30 graus (Prefeitura Municipal de Coronel José Dias, 2020).

A vegetação é predominantemente caatinga arbórea e arbustiva. Sendo o local turístico do Piauí mais visitado por pessoas de todas as partes do Brasil e do mundo. E os solos são classificados em latos solos vermelho-amarelo distróficos associados a areias quartzosas distróficas, solos líticos e atróficos e solos bruno não cálcicos, de acordo com a Embrapa Solos (2021).

Coronel José Dias está localizado na região nordeste, sudeste do Piauí. Seu clima é quente e seco, sua superfície é de 1.796,3 km², tem uma população de 4.416 habitantes (Prefeitura de Coronel José Dias, 2021).

3.2.1.1 ÁREA DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

A área da bacia sedimentar do Parnaíba intracratônica brasileira abrange uma área de aproximadamente 600 mil km² da porção noroeste do nordeste brasileiro e distribui-se nos estados do Piauí, Maranhão, Pará, Tocantins, Bahia e Ceará (Vaz et al., 2019). Nesta área de estudo, os sedimentos formam rochas há mais de 450 milhões de anos, durante os períodos Siluriano e Devoniano, correspondendo aos Grupos Serra Grande e Canindé.

Caracteriza-se por aquíferos de águas subterrâneas e se explorados sustentavelmente podem resolver o déficit hídrico das regiões semiáridas. Região hidrograficamente de rios temporários, de acordo com a Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM, 2021).

Cerca de 70% da área do município é representada por rochas pertencentes de embasamento cristalino e 30% por rochas sedimentares (Prefeitura Municipal de Coronel José Dias, 2022). A alternância de afloramentos das formações geológicas na direção norte-sul e a Formação Serra Grande apresenta as maiores altitudes da

bacia. A influência de variações climáticas em fases glaciais produziu o clima dessa região semiárido muito mais seco que o da faixa costeira de tropical úmido.

A qualidade da água dos sistemas de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica instalado é embasamento em rochas metamórficas, no limite da Bacia Sedimentar do Parnaíba, na extensão do Aquífero Serra Grande considerada água de boa qualidade mineral para a população. O município tem embasamento de 70 % de rochas ígneas e 30% de rochas sedimentares.

3.2.2 Aspectos socioeconômicos do município Coronel José Dias

O município tinha 4541 habitantes no último Censo (2010), população estimada em 2020 de 4.685 pessoas. Isso coloca o município na posição 158 dentre 224 do mesmo estado. Sua densidade demográfica é de 2.37 habitantes por km², colocando-o na posição 207 de 224 do mesmo estado. Apenas 7% da população ocupada, 328 pessoas, com salário médio mensal dos trabalhadores formais, segundo IBGE (2018), 1,6 salários mínimos.

O município teve sua criação pela Lei Estadual nº 4.810 de 14/12/1995, sendo desmembrado dos municípios de São João do Piauí e Lagoa do Barro do Piauí. A sede municipal dispõe de abastecimento de água, energia elétrica distribuída pela Equatorial Energia do Piauí, atendido pelas redes de telefonia móveis e agência de correios e telégrafos, os principais serviços públicos, comerciais e bancários são realizados em São Raimundo Nonato, cidade polo regional.

Coronel José Dias abrange uma área maior da unidade de conservação (32,41% da área da UC no município), estando nas proximidades de importantes pontos de visitação do Parque Serra Nacional da Capivara, como a Pedra Furada e a Serra Vermelha. O turismo é a principal atividade econômica da região, logo depois, a produção agrícola, principalmente de feijão, milho e mandioca. Também a pecuária voltada a galináceos, bovinos, equinos, muares, suínos, ovinos e caprinos.

O parque criado em 1979, na atuação da arqueóloga Niède Guidon, tem 1.300 sítios arqueológicos catalogados pelo IPHAN (Instituto Brasileiro Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) - integra o sudeste do Piauí e ocupa parte dos municípios de São Raimundo Nonato, João Costa, Brejo do Piauí e Coronel José Dias. A área —do parque é de cerca de 130 mil hectares responsável pela Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM).

Declarado Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO desde 1991 e Nacional em 1993, datando a existência humana no sertão do Piauí há mais de 100 mil anos, sendo uma das poucas unidades de conservação à preservação do bioma Caatinga, combinando sítio arqueológico com turismo de aventura e turismo de base comunitário, influenciando no desenvolvimento da região e tecnologias sustentáveis, segundo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 2022).

Situa-se no domínio morfoclimático das caatingas, em região fronteira de duas grandes formações geológicas – a bacia sedimentar Maranhão-Piauí e a depressão periférica do rio São Francisco, de vegetação e relevo diversificados, dentre eles vales, serras e planícies, descreve o portal do IPHAN, 2022.

A FUMDHAM realiza um trabalho de proteção ambiental às pinturas rupestres, à biodiversidade local, de fauna variada, com presença de tatus verdadeiros, tatus bola, tamanduás, jaguaratiricas, jacus, cotias, veados-catingueiros, porcos-do mato, macacos-prego e até onças, além de variada avifauna, lagartos e serpentes. O parque é uma zona de fronteiras geológica, ecológica e cultural próxima à tecnologia fotovoltaica e requer regulamentações específicas para instalação por se encontrar em áreas de amortização do parque.

Atualmente, o número de profissionais no parque é mínimo perto da imensidão desta imensa área de preservação nacional. Há a presença de dois museus importantes: o Museu do Homem Americano e o Museu da Natureza, escavações do sítio da Toca do Boqueirão da Pedra Furada, Toca da Entrada do Pajaú, Toca do Barro, dentre outros, onde se permite se aprofundar na formação geológica e do universo histórico e cultural.

Porém, o município ainda concentra indicadores baixos socioeconômicos, tais como: o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,546, 56% da população da cidade tem rendimento mensal de até meio salário mínimo. Os níveis educacionais, a taxa de escolarização maior da idade entre 6 e 14 anos de idade 96,07% (IBGE, 2010). Há iniciativas sociais e ambientais pela arqueóloga Niède Guidon em melhorar as condições de vida da população, na inclusão das pessoas das comunidades em ações de conservação ao Parque Nacional Serra da Capivara e no acesso à água, energia e economia sustentável.

A Secretaria Municipal de Saúde de Coronel José Dias (2021) contabiliza 90% das ruas calçadas e iluminadas. Também tem uma produção de agricultura familiar de sequeiro (mandioca, feijão, milho, castanha, coco, manga) e uma estrutura fundiária

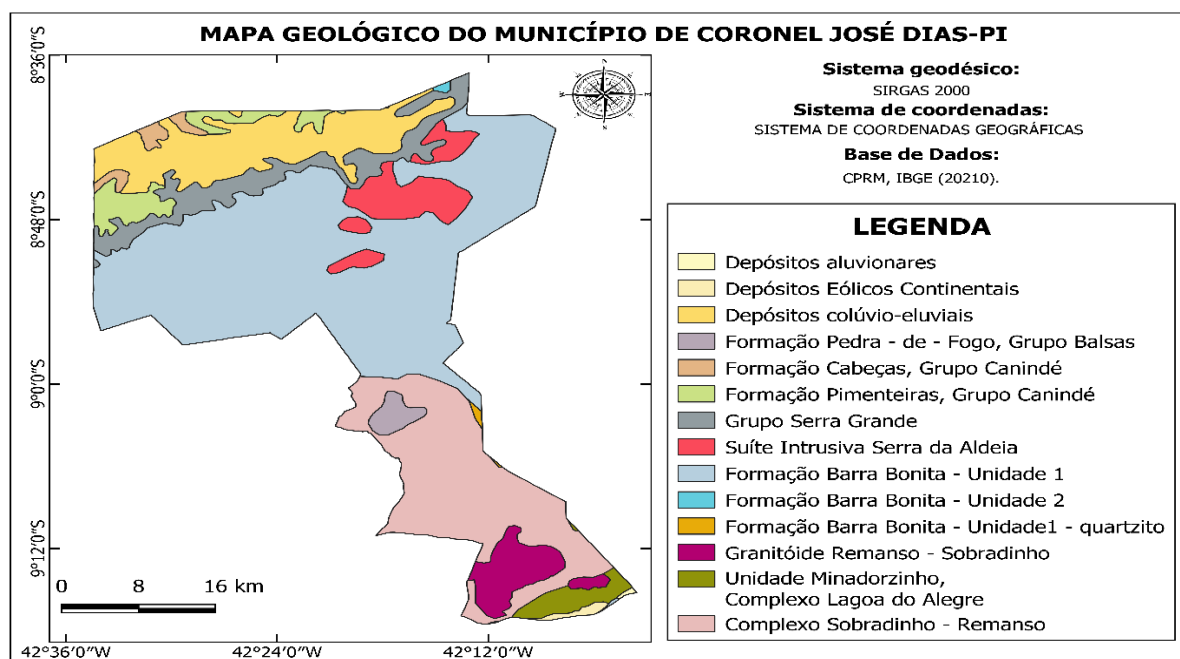
formada por micro e pequenos imóveis. Inclui ainda atividades como a pecuária, criação extensiva em caprinos, ovinos e bovinos, apicultura e turismo potenciais de expansão. O comércio e a indústria ainda pouco expressivos com 10 micro empresas, 21 comércios, 02 cerâmicas, sendo uma de alvenaria e uma de louça gerando 30 empregos.

Estima-se que 58% da população acima de 10 anos de idade é [alfabetizada](#). A economia gira basicamente em torno dos setores [primário](#) e [terciário](#). Em [2011](#), cerca de 71% do [PIB](#) do município era proveniente da prestação de serviços. Renda per capita de R\$ 7.531,97. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 20.83 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 9.1 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2021).

De acordo com a CPRM, aproximadamente 70% da área do município é representada por rochas pertencentes ao embasamento cristalino e 30% ocupada por rochas sedimentares. As rochas cristalinas mais antigas destacam-se: o Complexo Sobradinho–Remanso, constituído de gnaiss, o Complexo Lagoa do Alegre contendo gnaisses, quartzito, xisto e itabirito e a Unidade Barra Bonita, representada por mármore, quartzito e xisto. Na parte superior do embasamento cristalino aparecem os granitos.

As sequências de rochas sedimentares constituem-se de arenito, conglomerado, folhelho e siltito, do Grupo Serra Grande, do período Siluriano; arenito, siltito e folhelho, pertencentes à Formação Pimenteiras; arenito e siltito, da Formação Cabeças, ambas do período Devoniano, além de sedimentos Tércio-Quaternários, tais como lateritos, cascalhos, areias e argilas, constituintes das Coberturas Colúvio-Eluviais (Figura 12).

Figura 12 - Esboço geológico do município de Coronel José Dias-PI



Fonte: Adaptado pela autora (2022).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Coronel José Dias – PI, sua localização privilegiada nas proximidades do Parque Nacional – PARNA - Serra da Capivara, tem no turismo ecoturístico, uma grande oportunidade de desenvolvimento e pode ir a várias vertentes, desde: o turismo de pesquisa científica, o turismo de estudos da pré-história, turismo de aventura para visitaçaõ até ao turismo rural. As atividades artesanais se interligam ao turismo sejam em madeira, barro, vegetais ou tecidos que influenciam economicamente o município.

O abastecimento de água da cidade é feito por rede encanada, poço ou nascente, cisterna, carro-pipa e outros, sendo os serviços de rede encanada e cisternas, os mais utilizados. Quanto à coleta de lixo, a cidade realiza em sua grande maioria os processos de queima e enterro dos resíduos (E-SUS, 2017). Apresenta 19,9% de domicílios com esgotamento sanitário adequado. Arborização em torno de 69,4% nos domicílios urbanos em vias públicas e 0% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio), segundo o IBGE (2020).

Atualmente Coronel José Dias possui uma prefeitura, um centro de convenções, 21 escolas, 08 igrejas, sendo 06 católicas e 02 protestantes, 03 postos de saúde, 01 delegacia, 01 posto dos correios, telefones fixos e públicos, 02 praças, 03 clubes na sede, 02 farmácias, padarias, lanchonetes, um posto de gasolina e vários

outros tipos de comércio. As principais fontes de renda de Coronel José Dias são: criação de caprinos, ovinos e apicultura, produção de cerâmicas de alvenaria é artesanal (IBGE, 2021).

3.2.2.1 RECURSOS HÍDRICOS DE CORONEL JOSÉ DIAS

Os recursos hídricos superficiais no estado do Piauí estão representados pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba, a mais extensa dentre as 25 bacias da Vertente Nordeste, ocupando uma área de 330.285 km², o equivalente a 3,9% do território nacional. O rio Parnaíba possui 1.400 quilômetros de extensão e a maioria dos afluentes localizados a jusante de Teresina são perenes e supridos por águas pluviais e subterrâneas. Os principais cursos d'água que drenam o município de Coronel José Dias é o rio Piauí e os riachos Lages e Santa Teresa (CPRM, 2004).

O município de Coronel José Dias tem domínios hidro geológicos distintos: rochas cristalinas, rochas sedimentares e coberturas colúvio-eluviais. As rochas cristalinas comumente conhecidas de "aquífero fissural". Compreendem uma variedade enorme de rochas pré-cambrianas, representadas por granitos e as pertencentes aos complexos Lagoa do Alegre, Sobradinho-Remanso e Unidade Barra Bonita, englobando gnaisses, itabiritos, mármore, xistos e quartzitos (CPRM, 2010).

Os recursos hídricos considerados insuficientes e empecilhos para desenvolvimento do município. O Rio Piauí atravessa todo o município, porém é um rio intermitente (Serviço Geológico, 2010).

No que se refere à rocha cristalina basicamente não existe uma porosidade primária, onde a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação, dos efeitos do clima semiárido e do tipo de rocha, é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições definem um potencial hidrogeológico baixo às rochas cristalinas, sem diminuir sua importância como alternativa de abastecimento, nos casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem, identifica o serviço geológico (CPRM, 2010).

As unidades pertencentes ao domínio rochas sedimentares são da Bacia do Parnaíba e englobam o Grupo Serra Grande e as formações Pimenteiras e Cabeças.

O Grupo Serra Grande, constituído de arenitos e conglomerados, com subordinadas intercalações de siltitos e folhelhos, em direção ao topo, normalmente apresenta um potencial médio, sob o ponto de vista da ocorrência de água subterrânea, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo, de acordo com CPRM (2010).

A Formação Cabeças muito embora seja em outras áreas da bacia, um importante manancial de captação de água subterrânea, não se torna importante no município de Coronel José Dias, haja vista suas reduzidas áreas de ocorrência, no extremo norte do mesmo. Os depósitos colúvio-eluviais correspondem a coberturas de sedimentos detríticos, com idade tércio-quadernária, ocorrendo em forma de manchas, que em função das reduzidas espessuras e descontinuidades, têm pouca expressão como mananciais para captação de água subterrânea (CPRM, 2010).

Por estar situado sobre o domínio cristalino, a água disponível nos reservatórios subterrâneos com altas concentrações de sais solúveis, o que agrava ainda mais a difícil situação dos seus habitantes, principalmente aos que residem no meio rural. Essa situação fica ainda mais crítica nos períodos de estiagens prolongadas (FUMDHAM, 2010).

Com isso, buscam outros meios de captação de água por cisternas e abastecimento por carros-pipa, mas a qualidade desta água nem sempre é boa para população. Outra prática bastante comum é a perfuração em lagoas secas, as chamadas “cacimbas de minação” para a obtenção de água. A população ainda faz uso de centenas de barreiros e barragens, na captação por mais água na região.

A Fundação Museu do Homem Americano - FUMDHAM (2010) aponta os principais problemas identificados no Território do Berço do Homem Americano (TBHA) no que se refere à questão hídrica, dentre elas:

- Escassez de água ao abastecimento público;
- Falta de alternativas econômicas para garantir a sobrevivência das comunidades;
- Instalação de poços sem considerar estudos geofísicos já realizados;
- Falta de monitoramento da qualidade da água de abastecimento;
- Ausência de planos de educação/conscientização ambiental aliado ao uso da água;
- Dificuldade de acesso aos mananciais superficiais;
- Falta de planejamento na adequação das águas que possam provir de poços perfurados nos municípios situados na borda sul da Bacia do Parnaíba, de preenchimento sedimentar favorece a formação de aquíferos profundos de alta produtividade e potabilidade;
- Falta de condições ou de meios que possam suprir o abastecimento de água para as comunidades rurais.

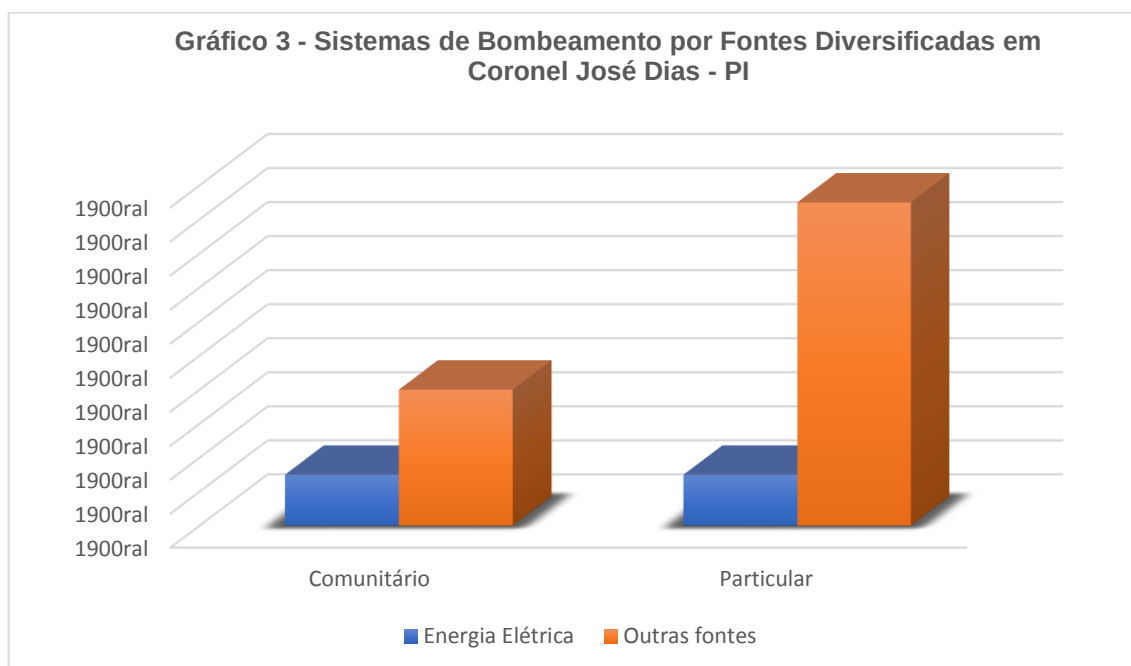
3.2.2.2 DIAGNÓSTICO DOS PONTOS D'ÁGUA CADASTRADOS

Dados oficiais do Plano Municipal de Saúde de Coronel José Dias (2020) inclui fontes de abastecimento de água, tais como: açudes públicos (permanentes - 04 e temporárias - 11), particulares (água permanente - 03; água temporária – 02), poços tubulares públicos (vazões baixas, água salobra) e particulares (02 – água salobra), cisternas (400). Também a cidade conta com um Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade de Água para Consumo Humano e Vigilância Ambiental, desde 2002.

O município registra a presença de 33 pontos d'água, sendo 12 poços escavados (cacimba ou amazonas) e 21 poços tubulares. Quanto à propriedade do terreno onde se encontram, os poços classificam-se em: públicos, quando estão em terrenos de servidão pública e particular, quando estão em propriedades privadas. Alguns em operação, outros paralisados (sem manutenção ou quebra de equipamentos), não instalados (perfurados, mas sem equipamentos de sistema de bombeamento e distribuição) e abandonados (poços secos e obstruídos), fonte do serviço geológico – CPRM (2010).

Há uma diferenciação em relação a José de Freitas, onde a fonte energética em Coronel José Dias de outras fontes não só somente convencionais. Dentre elas: eólica (cata-vento), solar e motores a combustão (óleo diesel, gasolina, etc.). Dos poços cadastrados e 33% atendidos pela rede de energia elétrica, o atendimento por sistemas de bombeamento por fontes diversificadas maior em uso seja comunitário, seja particular (conforme o Figura 13) – fontes do diagnóstico do serviço geológico de Coronel José Dias-PI.

Figura 13 – Sistemas de bombeamento por fontes diversificadas em Coronel José Dias-PI

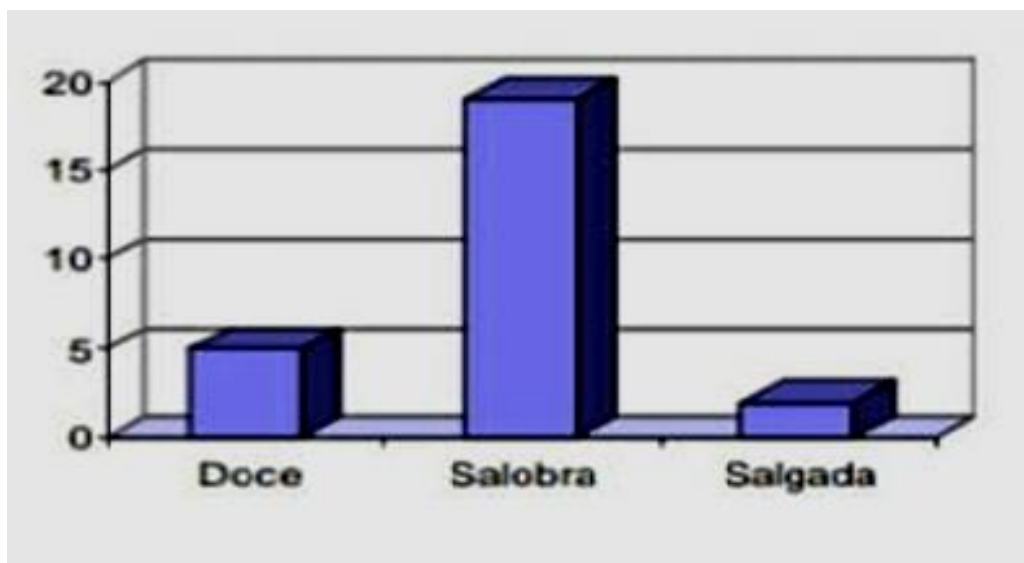


Fonte: CPRM (2004). Adaptado pela Autora (2021). Sendo 11 poços (03 de uso público e 08 particulares), enquanto 22 utilizam outras fontes: EÓLICA (cata-vento), SOLAR e MOTORES A COMBUSTÃO, sendo 03 comunitários e 19 particulares.

Ainda em termos de domínio hidrogeológico, predominam as rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba, que apresentam um potencial hidrogeológico favorável a exploração, com poços de vazões elevadas e águas geralmente de boa qualidade. A situação atual dos poços abrange cerca de 82% dos poços cadastrados particulares e 27% do total são passíveis de funcionamento, podendo aumentar significativamente a oferta de água para a população (CPRM, 2004).

Com relação à qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços (57%) da região de Coronel José Dias é água salobra (Figura 14). Nesse caso, as tecnologias de dessalinização para a potabilização de águas salinas e salobras, como: osmose inversa, eletrodíálise, destilação multiefeito, até mesmo a destilação solar é apropriada para melhoramento hídrico de consumo da região, consta nos relatórios da CPRM (2004).

Figura 14 - Qualidade das águas subterrâneas do município de Coronel José Dias - PI



Fonte: CPRM, 2004.

Algumas medidas mitigadoras com relação aos poços paralisados e sem manutenção devem ser tomadas para o avanço das energias renováveis no Estado, orientações do serviço geológico (CPRM). Tais quais:

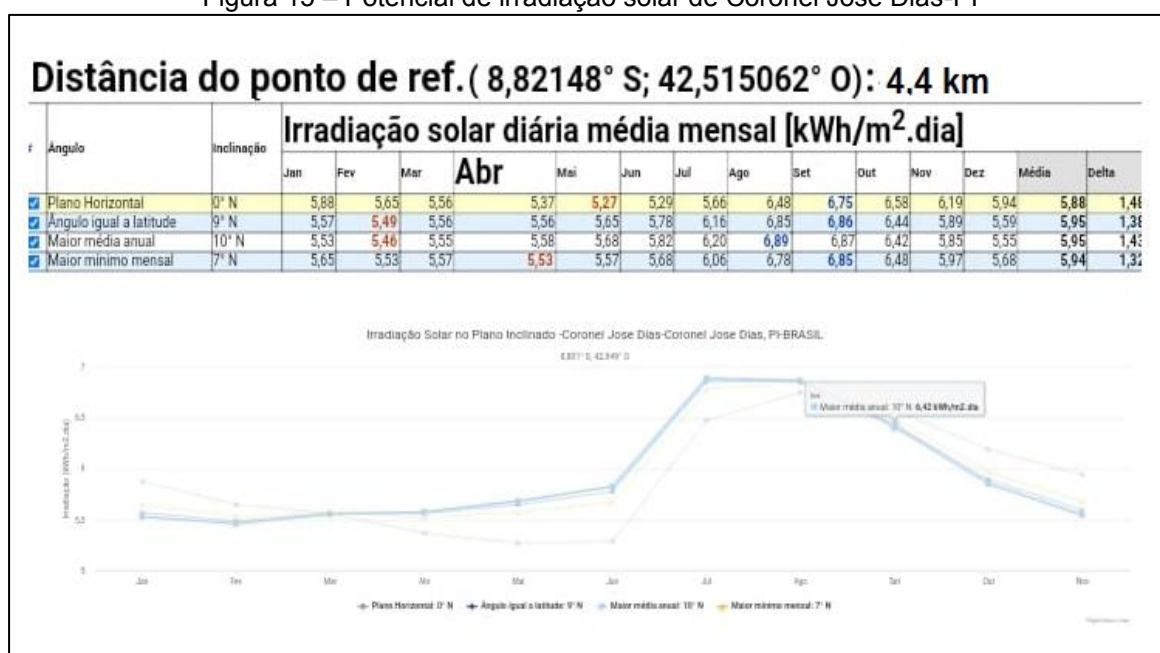
1. Os poços paralisados e não instalados devem entrar em programas de recuperação e instalação de poços, visando o aumento da oferta de água à região;
2. Poços paralisados, em virtude de alta salinidade, deveriam ser analisados com detalhe (vazão, análise físico-química, número de famílias atendidas etc.) para a verificação da viabilidade da instalação de equipamentos de dessalinização da água;
3. Todos os poços necessitam de manutenção periódica para assegurar o seu funcionamento, principalmente, em tempos de estiagens prolongadas;
4. E, para assegurar a boa qualidade da água, do ponto de vista bacteriológico, devem ser implantadas em todos os poços medidas de proteção sanitária tais como: selos sanitários, tampas de proteção, realizar limpezas permanentes dos terrenos, cercas de proteção etc.

Em termos de potencial de irradiação solar diária mensal a uma distância de 4,6 km, varia entre 5,09 a 6,49 kWh/m². dia, uma média de 5,65 kWh/m². dia, segundo os cálculos obtidos no Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica – CRESESB (2022).

3.2.3 – Povoado Barreirinho em Coronel José Dias

O Povoado Barreirinho desde o início de sua criação é considerado um pequeno povoado rural que dista a 4 km de Coronel José Dias, abrange aproximadamente 28 famílias e valores de potencial de irradiação solar diária mensal variando entre 5,88 a 6,75 kWh/m². dia, em uma média de 5,88 kWh/m². dia (Figura 15). Localiza-se no entorno de uma importante Unidade de Conservação (UC), o Parque Nacional Serra da Capivara.

Figura 15 – Potencial de irradiação solar de Coronel José Dias-PI



Fonte: CRESESB. Calculado pela autora/2022.

O primeiro sistema de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica instalado em 2009 pelo Projeto Água no Berço do Homem Americano (ABHA), parceria com a Fundação do Homem Americano e Petrobrás teve como objetivo principal levar a potabilidade ao consumo da população da região que acontece minuciosamente nos processos de captação de água.

Em 2012, na paralisação no primeiro sistema sem conhecimento ou estudo técnico, houve um novo estudo técnico com recursos próprios do Grupo Cerâmica Artesanal Serra da Capivara na implantação de um segundo sistema, em 2015, o que sustenta as famílias locais e toda produtividade do povoado, o que será apresentado com mais detalhes nos resultados e discussão da pesquisa.

4 METODOLOGIA

O projeto desenvolvido partiu de um método dedutivo em uma abordagem geral sobre os benefícios da energia solar a uma análise particular na observação de experimentos de iniciativas energéticas para fins distintos e técnicas comparativas das realidades encontradas em recortes temporais dos municípios pesquisados em atividades produtivas: Povoado Barreirinho em Coronel José Dias (1º sistema: 2009-2012; 2º sistema: 2015 até os dias de hoje) – abastecimento humano, ecoturismo, práticas artesanais; e, Assentamento Marcos – José de Freitas (instalando recentemente em outubro de 2020) a sistemas de irrigação e agroecologia.

A partir dos preceitos do estudo exploratório (adaptado de GIL (2008)), por meio de revisão bibliográfica, utilizando-se das seguintes etapas: 1) Definição das palavras-chave para a pesquisa bibliográfica; 2) Entrevistas aos especialistas na área de energia renovável, a receptores destes sistemas e aos que realizam trabalhos ligados à energia renovável. 3) Coleta de dados: leitura e registro das informações; 4) Também por fontes secundárias, documentos públicos em relação ao tema, estudo em jornais, revistas, monografias, dissertações, teses, material coletado na internet; 5) Análise e interpretação dos resultados; 6) Discussão dos resultados.

Os métodos científicos auxiliares da pesquisa sob a investigação ao objeto de uma perspectiva observacional e histórica, para então se aprofundar em métodos comparativos. A importância de se realizar tais procedimentos científicos servirá no conhecimento científico às capilaridades da Energia Renovável nessas regiões, considerando as condições climáticas, hidrogeológicas e sociais.

As informações a serem levantadas foram por meio de entrevistas enveredando por métodos históricos, comparativos e observacionais sobre essas realidades no estudo da evolução dos sistemas no uso atual, sustentável e ambiental. Além dos desafios na geração de água e energia nas localidades rurais e suas intencionalidades.

Houve a compreensão e explanação de ordem cronológica em diferentes espectros, na iniciação de um sistema mais antigo em relação a outro mais recente, em diagnosticar os impactos socioambientais encontrados nas comunidades de Barreirinho (Coronel José Dias), no sudoeste piauiense e Assentamento Marcos (José de Freitas), região centro-norte do Piauí, comparando-os em suas similaridades e diferenciações.

Consideram-se relevantes os métodos auxiliares, destacando a adequação ao estágio atual da evolução científica, a verificação de períodos, fases, critérios, etapas e evidências da eficiência desses sistemas de bombeamento no atendimento, desenvolvimento na região do semiárido a essas comunidades rurais.

Enfim, tais métodos e procedimentos para futuras constatações e resultados obtidos na trajetória dos projetos analisados que começaram desde a vigência dos projetos iniciais de instalação, sua execução, geração, em formas comparativas e descritivas, estabelecendo eventuais semelhanças, diferenças constatadas e extensões compartilhadas em contextos e realidades de cada uma.

As técnicas de investigação científica utilizadas durante a pesquisa se deram em leituras bibliográficas, webinars, roteiros de entrevistas, instrumento para registro de todas as informações colhidas, em entrevistas individuais diretamente voltadas a profissionais da área, especialistas em energia renovável e lideranças comunitárias no assunto por gravações, videoconferências, via telefone.

A partir da descrição sobre a autogestão das tecnologias sociais, utilização, distribuição, a realidade da comunidade antes e após os projetos de Energia Solar, possibilitando levantamentos dos desafios atuais e realidades encontradas por cada comunidade.

As entrevistas se deram de modo estruturadas e não estruturadas, realizadas entre março e outubro/2021, tendo em vista que o assunto possibilita levantar uma gama de informações que venham a subsidiar a pesquisa em aspectos sociais, ambientais e econômicos referentes à temática. O roteiro de entrevistas se direcionou a: 1) Responsáveis pelos projetos no Estado do Piauí; 2) Lideranças comunitárias dos municípios pesquisados; 3) Técnicos especializados nos sistemas nas vantagens e desvantagens; 4) Sociedade Civil Organizada, na mobilização social.

Houve uma observação direta intensiva nas entrevistas estruturadas, segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 190) é um tipo de atividade que “[...] utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar.” Nas entrevistas não estruturadas abordaram-se desde os ganhos com esses sistemas às atividades relacionadas a expansão econômica e social das comunidades, além de conhecimentos das técnicas sustentáveis alinhadas à Energia Solar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ASSENTAMENTO MARCOS – JOSÉ DE FREITAS-PI

O assentamento Marcos é um pequeno povoado rural, fundado em 2002, a 15 km do município de José de Freitas, abrange 42 famílias e uma associação comunitária formada por mulheres, conhecida por “Horta Orgânica Túlio D’Giovanni” (Figura 16) a 500 metros da comunidade, que sonhavam em produzir alimentos em hortas e se uniram atrás desta conquista, por meio da realização de bingos, leilões, prefeitura, demais intervenções.

Figura 16 - Implantação do sistema de bombeamento fotovoltaico no Assentamento Marcos em José de Freitas-PI



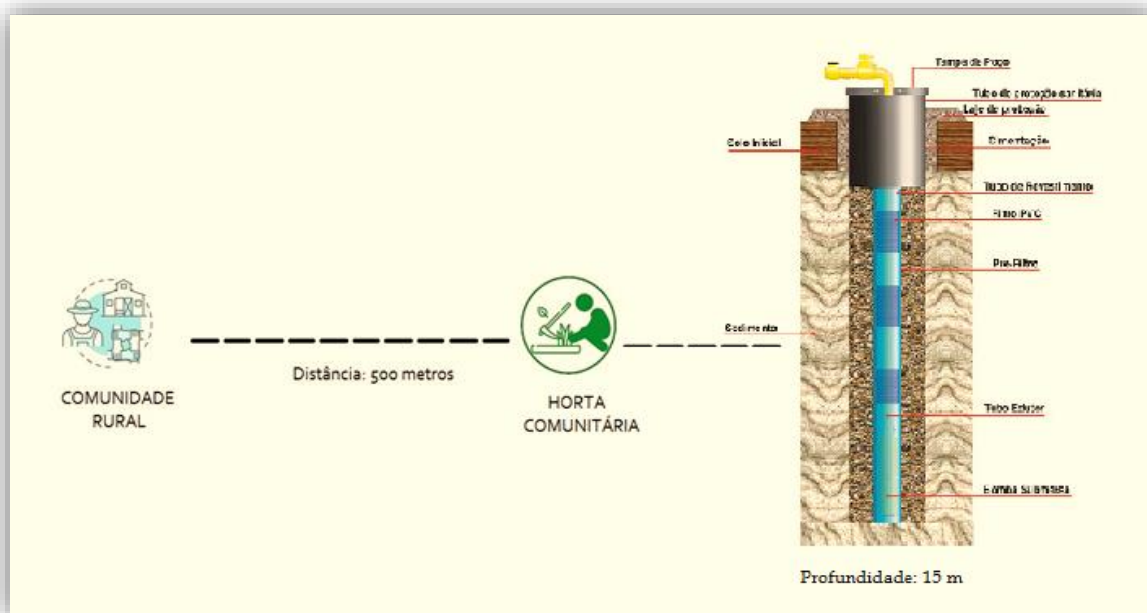
Fonte: Associação de Mulheres de José de Freitas – PI (2020).

Em outubro de 2020, o povoado recebeu a instalação do sistema de bombeamento de água por energia fotovoltaica, pelo projeto Canindé Solar, iniciado

em 2017, uma parceria entre instituições (UFPI, IFPI, Instituto PiauÍ Solar, REAPI, SENAR, demais entidades), beneficiando 10 famílias no cultivo de hortaliças a uma potência energética equivalente de 275 Wp (Watts-pico), cuja eficiência padrão é entre 13 e 17%, em condições normais de radiação. Sendo preciso realizar a medição do sistema, anualmente, para se ter um monitoramento da eficiência do serviço, segundo o coordenador do projeto Prof. Dr. Marcos Lira.

Para representar a localização do poço tubular (Figura 17) de profundidade 15 metros, composto por uma bomba manual, selo de concreto e tubo de sucção, fica a uma distância de 500 metros entre a comunidade e a horta, tem uma dimensão mais rasa e se não bem cuidado tem mais chance de contaminação por seu contato superficial ao solo, sendo frequentemente impróprios para o consumo humano e geralmente para a irrigação.

Figura 17 – Esquema de localização do poço reativado com energia solar na irrigação de horta comunitária no Assentamento Marcos, José de Freitas-PI



Fonte: Adaptado pela autora (2021).

O poço estava parado por bastante tempo, sendo reutilizado com o sistema fotovoltaico pelo projeto Canindé Solar, atualmente ocorre a irrigação na Horta Orgânica “Túlio de Giovanni”, nome dado em homenagem a um jovem agrônomo que iniciou as primeiras conversas e oficinas para a criação da horta comunitária no assentamento que perdeu a vida fatalmente em um acidente de carro. Com a

aplicação da energia solar e técnicas sustentáveis podem reverter impactos ao meio ambiente (Figura 18).

Figura 18 – Registro dos equipamentos para geração da produtividade no Assentamento Marcos em José de Freitas-PI: (1) motobomba; (2) reservatório para reserva da água; (3) Painele Fotovoltaico



Fonte: Líder Comunitária Dira Sousa (jan/2022).

O objetivo do projeto é levar às comunidades rurais da semiárido piauiense energia renovável, onde haja fontes de água: subterrânea (poço tubular, cacimbão) ou fontes superficiais (rios) que não tenha serviços públicos de energia convencional para atividades de irrigação.

A comunidade recebe um kit do sistema fotovoltaico de bombeamento (SFB), composto de energia solar por um módulo fotovoltaico de 175 Wp, com tensão de 36Vdc, um driver e uma bomba submersa vibratória de fabricação nacional, possuindo uma vazão máxima de 8600 litros/dia, além de um controlador para ligar e desligar essa bomba. A bomba do projeto tem uma capacidade razoável com a possibilidade de drenar 5000 litros de água por dia.

A horta orgânica é abastecida por um poço artesiano de no máximo 15 metros

de profundidade, uma bomba e sistema solar próprio, sua utilização é inteiramente para a irrigação de hortaliças, dentre elas: cebola, coentro, repolho, alface, pimenta-de-cheiro, banana, pepino, tomate, abóbora, maracujá, maxixe, quiabo, cana-de-açúcar.

A mudança para a aquisição desta nova tecnologia de início aconteceu pelo custo, já que a comunidade não tinha condições para arcar com as despesas de energia pública. O investimento dos itens do kit entregues à comunidade composto por: (1 painel 275Wp + motobomba + driver + acessórios) somam em torno de R\$ 3.720,00, vigência deste valor em 2020.

A comercialização dos produtos é feita na própria comunidade para o consumo das famílias. A produção iniciou em setembro de 2021, segundo a líder comunitária da horta orgânica, Filomena da Costa Sousa, no início encontraram algumas barreiras por se encontrarem em locais brejeiros, tornou-se mais dificultoso a identificação de canteiros. Existe o acompanhamento técnico pelos professores do IFPI Campus José de Freitas e a Prefeitura estando disponíveis para auxiliá-las, quando necessário.

A bomba tem funcionamento exclusivamente através do Sol, não há baterias para o armazenamento da energia mesmo em períodos de inverno ou nublado. No período chuvoso, utilizam caixas d'água como reservatórios para a irrigação das hortas, não havendo dificuldades pela comunidade na gestão deste sistema. Ainda contam com 03 (três) caixas d'águas, 02 (duas) de 500 litros e 1 (uma) de 1000 litros para a reserva da produção.

Quanto à qualidade da água não há um monitoramento específico para análises do nível de potabilidade. De início, havia muita sujeira nela, devido ao poço está parado por muito tempo, porém a água é considerada boa e limpa para a comunidade. A atividade econômica do povoado concentra-se na lavoura e também participam de programas sociais do governo.

Outras dificuldades para os idealizadores do projeto foram encontrar poços que se enquadrassem nas características para seguir tais critérios: não terem energia, terem uma profundidade de no máximo 15 metros 'secos' na captação da água a ser usada para a agricultura familiar.

O Projeto Canindé Solar, reconhecido pela ONU, em 2019, em uma das seis iniciativas no Estado do Piauí, em termo de tecnologia social sustentável, receberam uma premiação de 100 mil reais e esse prêmio está sendo revestido para beneficiar

mais dez comunidades rurais com a implantação de mais sistemas em municípios piauienses serão em: Esperantina, Paulistana, município de Currais, na região de Bom Jesus. Os contemplados da atual gestão autossuficiente são: os municípios de Oeiras, José de Freitas, Campo Maior, cidade no entorno de Oeiras, Santa Rosa, beneficiando em média 60 famílias.

A integração sustentável vem buscando o empreendimento rural pela prática em agroecologia, na capacitação da compostagem, formação em manejo de hortaliças orgânicas que estão complementando o uso da energia renovável em planejamentos estratégicos ao semiárido piauiense no enfrentamento e convivência às condições climáticas da região.

Em José de Freitas, no Assentamento Marcos, a cooperação técnica e social na implantação do SFB (Figura 19) marcou parcerias importantes à comunidade rural e foi de fundamental importância ao crescimento e suporte agrícola no fortalecimento à segurança alimentar das famílias.

Figura 19 – Inauguração do sistema de bombeamento em José de Freitas



Fonte: Canindé Solar (2021).

A participação social no momento da instalação se fez importante na reunião da comunidade sobre a tecnologia de aproveitamento da energia do Sol. Os sistemas deste projeto podem chegar a beneficiar uma família ou mais famílias, variam muito para que serviço seja empregado e projetar um cenário ambiental próspero para gerações atuais e futuras. Houve a realização de oficinas pedagógicas, envolvendo crianças e capacitação a algumas pessoas, para resolver os problemas mais simples do sistema estão nos cronogramas executados pelo projeto.

A extensão dos Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento (SFBs) em José de Freitas só vem crescendo, iniciativa que se deu desde 2017 até os dias de hoje. Recentemente, os projetos socioambientais têm recebido formações técnicas no fortalecimento das famílias rurais. Dentre as comunidades beneficiadas, desde 2019 a 2021, estão: os Sistemas Implantados em José de Freitas: Sobradinho - 2019; Kdois e Marcos - 2020; Barbosa – 2021. Todos do Projeto “Canindé Solar”. Os primeiros com recursos da emenda parlamentar e os últimos do Prêmio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD.

No Assentamento Marcos, houve formações em agroecologia, horticultura e empreendedorismo feminino, após investimentos nos sistemas de bombeamento fotovoltaico (SFB). Visitas técnicas pelo IFPI, em dicas de Manejo Orgânico pelo técnico Professor de Agronomia IFPI Campus José de Freitas, Ewerton Gasparetto que tem experiência na área de Agronomia, ênfase em manejo e tratos culturais de hortaliças, ambiente protegido, enxertia em hortaliças e grandes culturas: milho, soja, algodão em conversas com a comunidade em iniciar o processo de compostagem orgânica, produzir inseticidas naturais, dentre outras.

Conta com a participação e monitoramento do diretor de ensino do IFPI Campus José de Freitas, José Santos Moura, em parceria do projeto Canindé Solar no acompanhamento técnico às comunidades beneficiadas.

A capacitação técnica aconteceu em janeiro/2021 e a comunidade recebeu orientações sobre a compostagem em adubo orgânico, utilização de esterco de gado, folha, cama de galinha, palha de carnaúba (Figura 20), houve orientação aos horticultores, no projeto para o atendimento a 30 famílias, no espaçamento de culturas, ciclo da cultura, utilizando técnicas orgânicas, ensinou a fazerem inseticidas da folha do nim, nome científico *Azadirachta indica* A. Juss, rica em vitaminas e antioxidantes, possui efeito antimicrobiano e antiparasitário, sem pesticidas de produtos químicos tóxicos. Óleo de cozinha e sabão neutro para eliminar pragas como

os pulgões e moluscos, comuns nas plantações.

Figura 20 - Técnicas sustentáveis em aprimoramento agrícola no Assentamento Marcos na compostagem orgânica



Fonte: ONG Rede Ambiental do Piauí - REAPI (2021).

Os cursos em técnicas sustentáveis contribuem na eliminação de custos nas produções agrícolas por não utilizarem fertilizantes (defensivos agrícolas químicos), máquinas e infraestruturas pesadas na compactação do solo e nem operações mecânicas que exijam combustíveis fósseis poluentes, contribuindo na proteção ao meio ambiente e qualidade de vida das populações.

Outras formações a estas comunidades vêm se desenvolvendo, conforme o avanço no atendimento das comunidades a mulheres do Campo pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR e a Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa, Extensão - FAEPI no desenvolvimento sustentável rural (Figura 21).

Figura 21 - Capacitação na produção agrícola a mulheres da horta solar



Fonte: SENAR (2021).

A variedade no plantio de hortaliças e frutas mudam o cenário da comunidade, conforme a Figura 22 mostra, como o coentro, couve, pimenta-de-cheiro, cebola, alface, pimentão, tomate, maxixe, pepino, vinagreira, macaxeira. Frutas como: mamão, banana, dentre outras.

Figura 22 – Hortaliças produzidas no Assentamento Marcos, em José de Freitas-PI



Fonte: Líder Comunitária Dira Sousa, novembro/2021.

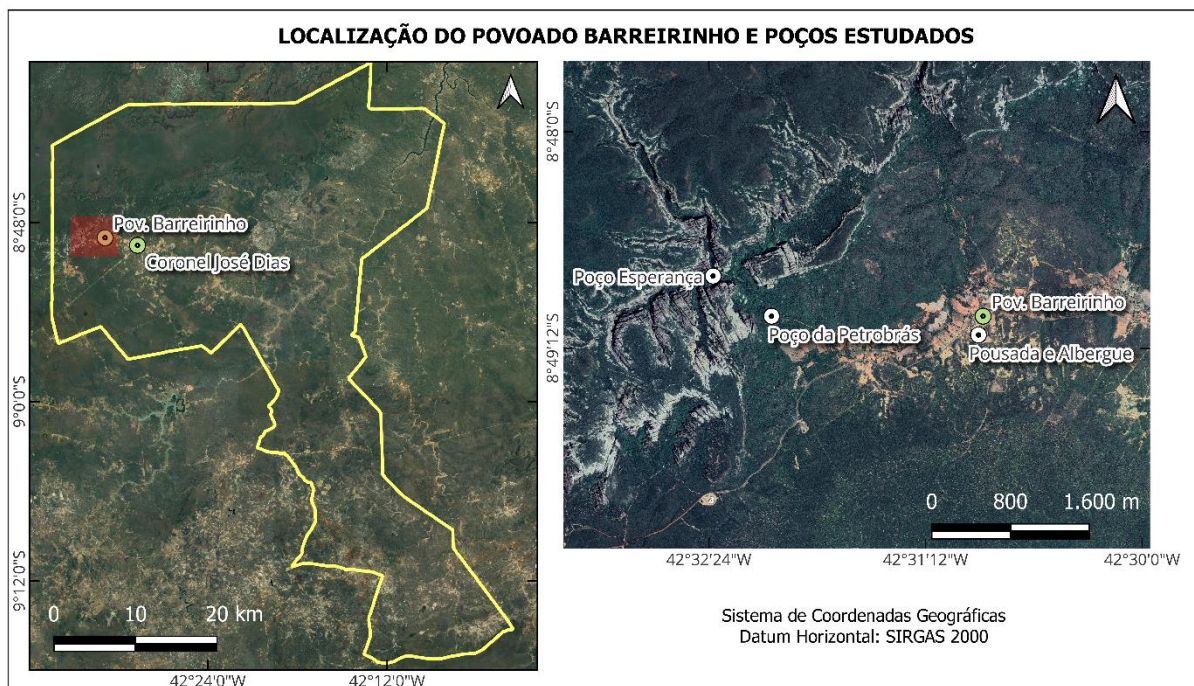
Alguns cuidados na horta orgânica em relação ao sistema de bombeamento por energia solar fotovoltaica, tais como:

- ✓ Controle da umidade, se não há regas em excesso;
- ✓ Quanto ao sombreamento do local, se não está sombreado demais;
- ✓ Utilizar-se de alternativas ecológicas: Uma delas, o chorume orgânico no combate e controle de pragas, ótimo biofertilizante, um líquido produzido pela decomposição dos alimentos do processo de compostagem com minhocas;
- ✓ Regar em períodos matinais, mais cedo. Adubar, cobrir a terra com folhas secas, capim para manter a umidade e construir canteiros com sobras de madeira;
- ✓ Ter plantas repelentes como citronela, hortelã e crisântemo no combate às pragas. A palha seca e canteiros, as mulheres da horta já o fazem.

5.2 – POVOADO RURAL BARREIRINHO – CORONEL JOSÉ DIAS-PI

Localizado no Sudoeste do Piauí, o Povoado Barreirinho, zona rural do município de Coronel José Dias, a 519,1 km da capital Teresina, via BR-020 e PI-236 e a 4km da cidade, nos limítrofes de um dos maiores Parques Nacional, o Parque Nacional Serra da Capivara e no entorno dele concentram-se empreendimentos turísticos, como a Pousada e Albergue, Casa Barreirinho, Cerâmica Artesanal que recebem em média mais de 20 mil de turistas na região, localizam-se os poços com os sistemas de bombeamento fotovoltaico (Figura 23).

Figura 23 – Localização do Povoado Barreirinho e Poços Estudados de Coronel José Dias - PI
Poço 2009 (1) - Poço da Petrobrás; Poço 2015 (2) - Poço da Esperança



Fonte: IBGE (2020). Elaborado e adaptado pela autora (2021).

Uma das iniciativas de fomento socioeconômico para a região foi levar água de qualidade por tecnologia fotovoltaica às comunidades rurais de Coronel José Dias. A difícil localização de pontos estratégicos na região na proteção ambiental, por se encontrar nas proximidades de uma unidade de conservação, se tornou um entrave, passando por algumas fases entre sucessivas e falhas na distribuição da água no Povoado.

Entre os anos de 2007 e 2010, surgiu o projeto ambiental “Água no Berço do Homem Americano (ABHA)” – em parcerias com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS), Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM), CPRM e a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIFASF – visava a melhoria na gestão dos recursos hídricos e garantir a potabilidade hídrica, no entorno dos Parques Serra da Capivara e Serra das Confusões, bem como o aproveitamento dos recursos naturais, ecológicos, turísticos e culturais pelos sistemas de bombeamento de água em comunidades carentes. Dentre as beneficiadas: a Lagoa Funda (Várzea Branca), Capim (Guaribas), Barreiro (Guaribas), Fósforo (Jurema) e o Povoado Barreirinho (Coronel José Dias).

Em 2009, veio a perfuração do primeiro poço no atendimento inicial a 28 famílias, no Povoado Barreirinho, onde na época a dificuldade maior encontrada era o elevado número de poços com altos índices de sais solúveis. No entanto, a CPRM decisiva no processo de escolha, implantou um sistema complexo de geração de energia elétrica (módulos fotovoltaicos e sistema de controle), sistema eletromecânico (motobomba) e sistema hidráulico (tubulações, chaves de registro, torneiras, reservatórios e demais acessórios) aos cuidados de uma empresa especializada na instalação.

A realidade da água na região por ser bastante conflitante, a população teve o sistema de bombeamento fotovoltaico interrompido, em 2012, sem motivo conhecido. A população continuou peregrinando em busca de água, onde muitos poços se encontravam desativados, com pouca água ou condições impróprias. Também atos irregulares com o sumiço de bombas, pedras em poços e envolvendo questões políticas, prolongando a saga do povoado por melhorias de vida.

Logo, um segundo poço veio a ser perfurado de maior profundidade em 2015 com iniciativa e recurso particular do grupo Cerâmica Serra da Capivara, por serviços técnicos voluntariados. Porém, as condições legais e o efetivo funcionamento só vieram acontecer, de fato em 2018.

A Cerâmica Serra da Capivara fundada em 1992, pela arqueóloga Niède Guidon, emprega cerca de 30 artesãos que moram no entorno do Parque Nacional. É um projeto que procura aliar a preocupação ambiental ao desejo de inclusão social e econômica às práticas sustentáveis e uso consciente dos recursos para a produção de arte rupestre, manejo do solo sem escavações do solo, a argila é retirada de modo que os barreiros sejam desassoreados e o processo de queima das peças é feito a gás, dispensando o uso de extração de madeiras (ARTESOL, 2021).

A cerâmica— do grego "kéramos", ou "terra queimada" - é um material de muita resistência, encontrada em escavações arqueológicas, considerada tecnologia de ponta. As peças secam ao sol antes da queima. Os fornos queimam várias peças ao mesmo tempo, utilizam gás ao invés de lenha, para preservar a vegetação nativa da Caatinga.

Em funcionamento desde agosto de 1994, a cerâmica é um meio encontrado às pessoas da região próxima ao parque a uma nova atividade artesanal (Figura 24), como fonte de renda, objetiva a inclusão social, a apropriação do patrimônio cultural na preservação, o combate à degradação ao meio ambiente (fauna e flora,

característicos da caatinga) e depredação ao patrimônio cultural do Parque (pinturas rupestres e vestígios arqueológicos), geram empregos diretos à maioria dos moradores que reside no povoado Barreirinho.

Figura 24 - Peças iniciais na produção artesanal com uso de energia solar em Coronel José Dias-PI



Fonte: Acervo do Grupo Cerâmica da Serra da Capivara (2018).

Desde a chegada dos sistemas fotovoltaicos ao Povoado Barreirinho foram sentidos impactos sociais, econômicos e ambientais, tanto pela população no consumo de água de altíssima qualidade, quanto na economia local em produções sustentáveis e retornos turísticos. A abertura de novas rotas comerciais com ‘pegadas ecológicas’ preocupou-se em agregar valores da terra e dos povos originários em todas as etapas, empregando a comunidade local e em matérias-primas menos agressoras nos acabamentos das peças artesãs produzidas pela Cerâmica Serra da Capivara (figura 25).

Figura 25 - Segundo processo produtivo de peças artesanais na utilização da tecnologia fotovoltaica em Coronel José Dias-PI



Fonte: Acervo da Cerâmica da Serra da Capivara (2018).

As peças a base de corantes naturais ou com a própria argila são vitrificadas e ganham um valor social agregado ao desenvolvimento da região de proteção ambiental, cultural e ecológico e sustentam toda a produção artesanal na cerâmica, pousada, albergue, serviços turísticos, culturais, intensificando o ecoturismo na região (Figura 26).

Figura 26 – Acabamento final de peças sustentáveis: Louças com pinturas rupestres movimentam o ecoturismo em Coronel José Dias



Fonte: Acervo do Grupo Cerâmica Serra da Capivara/2021.

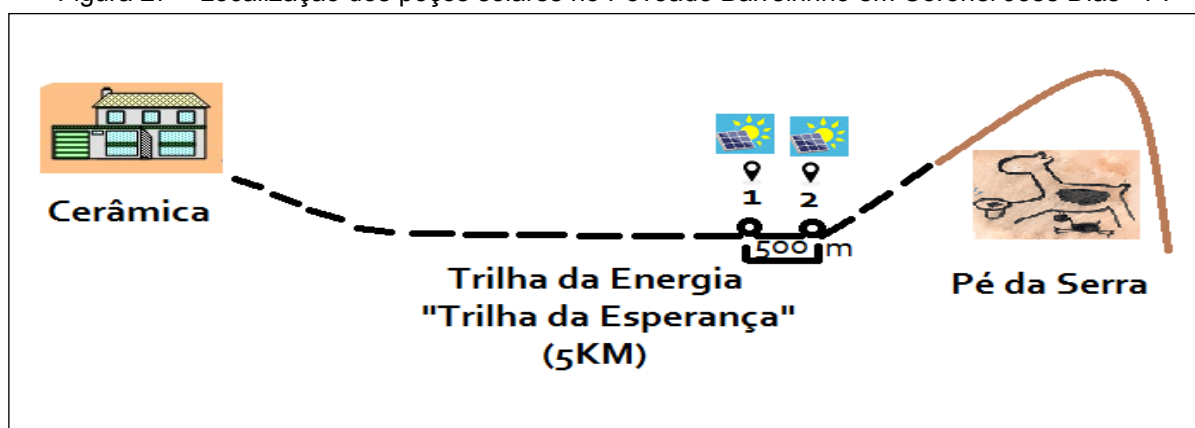
A comercialização dessas peças, desde 2005, exporta internacionalmente para diversos países: Itália, Estados Unidos, Portugal e França. As exportações acontecem uma vez por ano e no início do ano entre os meses de fevereiro e maio, segundo informações do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2021). No cenário nacional, o Grupo Cerâmica é referência ambiental, obedecendo a Legislação Ambiental, considerada a única empresa com certificação, no Estado do Piauí, em atividades licenciadas pela Defesa Sanitária e Saúde Pública, segundo Albergue Serra da Capivara em sua rede social Facebook.

Além disso, a água produzida pelo Sistema de Bombeamento Fotovoltaico (SFB) abastece atualmente o consumo de 25 famílias no Povoado Barreirinho que se encarregam de transportar até as suas residências pelo chafariz comunitário, servindo em períodos solares mais intensos a outras comunidades que necessitem de água para consumo e suas atividades.

Os dois poços ficam localizados na Fazenda Esperança, no povoado Barreirinho a 4 quilômetros da cidade de Coronel José Dias. Os poços instalados com os Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento (SFBs) distam um do outro de 500 metros.

O primeiro poço, conhecido pelo Poço da Petrobrás, localizado na Trilha da Esperança, conhecida pela comunidade de “Trilha da Energia”, com apenas um módulo fotovoltaico, na Trilha da Esperança em uma distância de 5 km, em frente à Cerâmica e vai até o Pé da Serra. Enquanto o segundo poço a 500 metros do primeiro sistema, conhecido por Poço da Esperança. Recentemente, em 2021, o primeiro poço voltou a funcionar em baixa vazão e os dois atendem o povoado (Figura 27).

Figura 27 – Localização dos poços solares no Povoado Barreirinho em Coronel José Dias - PI



Fonte: Autoria própria/2021.

As condições ambientais são muito importantes na localização e instalação dos sistemas. Deve-se avaliar também a adequação, a profundidade na perfuração à fonte de água receptora e o dimensionamento dos equipamentos na melhor condução dessa água à comunidade. Os dois poços representados próximos à Serra em um bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga, se abastecem de um aquífero rico, o Serra Grande. O monitoramento dessas áreas de influências climáticas deve ser contínuo na eficiência do serviço.

Com a instalação dos sistemas, trouxe uma nova esperança na segurança energética e hídrica às comunidades rurais e demais visitantes no local. As reservas de água na Cerâmica da Serra da Capivara abastecem loja, restaurante, albergue, pousada, serra e tem reservatórios como: caixas d'água de 30000 litros, 2 caixas da água de 20000 litros, no período chuvoso, usam 02 cisternas, uma de 80000 litros e a outra de 120000 litros, em período mais crítico como setembro resguardam para o acesso.

O primeiro sistema de bombeamento de água de composição mais simples com os seguintes itens: um gerador fotovoltaico, uma motobomba com sistema de condicionamento acoplado, uma caixa de água e um chafariz público com duas placas, bomba (Figura 28), o tempo de eficiência energética entre 2009-2012, atualmente ativo e teve recursos da PETROBRÁS Ambiental em torno de R\$ 3 milhões, no atendimento a 60 mil pessoas a outras comunidades no entorno dos parques Serra da Capivara e Serra das Confusões.

Figura 28 - Primeiro sistema fotovoltaico no Povoado Barreirinho em Coronel José Dias-PI



Fonte: Dyones Antunes Costa (2021).

No período de paralisação em 2012, por motivos desconhecidos e não estudados, quando o poço da região secou, a comunidade ficou apenas com o abastecimento por poços artesanais de baixa profundidade e água salina. Quanto ao consumo humano, utilizavam as cisternas no armazenamento da água da chuva e carros-pipas do exército na compra de água de qualidade. Houve ainda à procura de mais pontos de localização na região, mas em nenhum deles foi encontrada a água.

O projeto inicial do 1º Poço da PETROBRÁS com a participação de técnicos especializados pela empresa que instalou as placas solares concederam treinamento a moradores da comunidade e, ao mesmo tempo, funcionários da Cerâmica Serra da Capivara, no manejo do sistema.

Enquanto o 2º Poço da Esperança, em junho de 2015, na procura por

geólogos na identificação de vazão de água para a comunidade, onde nela residem as pessoas e os empreendimentos turísticos: Oficina de Cerâmica, Albergue, Pousada que dependiam desta água, 70% destes artesãos e moradores da comunidade, houve a detecção por consultoria técnica que fica mais ou menos a 500 metros do poço da "PETROBRÁS", investimentos particulares e serviços voluntários geológicos direcionavam ações corretivas na região à água potável.

Pelo estudo de localização da água na região, a primeira visita técnica demarcou três áreas, dando a certeza à comunidade que o resultado seria de água de qualidade para o consumo humano, o que sempre foi muito difícil nessa região.

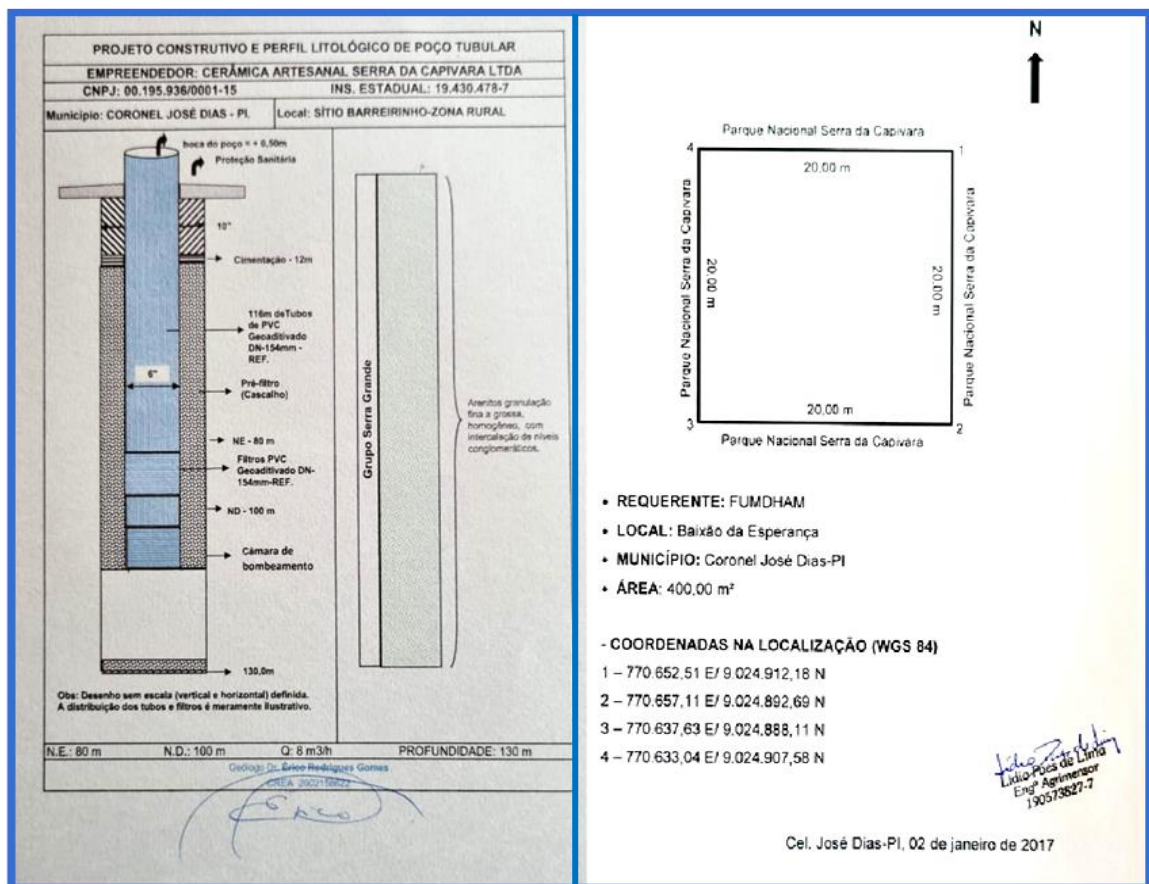
Houve um estudo geológico estrutural na identificação de fendas, fraturas e nas falhas geológicas da região. Na visão do geólogo que prestou serviços voluntários no povoado, Dr. Érico Gomes, quando se perfura um poço acima ou dentro de uma falha geológica, há condição de se ter mais água, inclusive no verão também. Explica ainda que a área do povoado está em cima de xistos, em rochas metamórficas, por isso que todos poços da região sofrem com a falta d'água ou tem pouca água, geralmente salobra ou salgada, que é normal isso acontecer em rochas metamórficas ou ígneas.

Por geologia peculiar cristalina, 70% da superfície implica nas rochas que originam os solos praticamente à superfície, aflorando em alguns pontos. Esse fator geológico induz a escoamentos superficiais intensos e pouca quantidade de água consegue infiltrar-se no substrato, resultando-se, com isso, em deficiente armazenamento. A existência desse precioso líquido, no subsolo, só se dá sob duas possibilidades: nas fraturas das rochas, e nas aluviões próximas a rios e riachos. Na maioria das vezes, as fontes hídricas ali existentes têm baixas vazões, e como se isso não bastasse, as águas se mineralizam com muita facilidade, tornando-se salobras (Fundação Joaquim Nabuco – FUNDAJ, 2019).

Por isso, foi assertivo na escolha de um local mais próximo da rocha sedimentar, evitando perfurar em rocha metamórfica, onde a água é ruim, salobra e salgada. A saída então foi a perfuração em rocha sedimentar do Serra Grande, aquífero de muita água, potencial imensurável, inestimável. Só que todo o Serra Grande está inserido no Parque Nacional Serra da Capivara, o que não é permitido perfurar nessas áreas. A alternativa técnica foram marcações lineares de fraturas grandes, realizadas do ponto de vista geológico e estrutural, o mais próximo do Serra Grande possível, que estão dentro de fraturas grandes.

Todo o dimensionamento e trabalho ao Poço da Esperança (Figura 29) requerido pela gerente da Cerâmica da Serra da Capivara, Girleide Alves, partiram de forma voluntária pela empresa Erggeo Geologia & Consultoria LTDA, por projeto construtivo e levantamento do perfil litológico do poço tubular na comunidade Barreirinho, no entorno do Parque Serra da Capivara e até hoje continua em medidas preventivas à "água" (conforme está no Anexo A e B).

Figura 29 - Projeto construtivo e perfil litológico do poço tubular em Coronel José Dias - PI



Fonte: Responsável pelo Grupo Cerâmica, Girleide Maria Alves de Oliveira (2021).

Após 02 anos da comprovação do registro de documentação do uso e concessão de água aos órgãos competentes ambientais, devido ao poço localizar-se em uma área de amortização do PARNA Serra da Capivara, em 2017, conseguiu-se uma máquina da CODEVASF para a perfuração do poço a uma profundidade de 130 metros (Figura 30). Mais um ano ficou ainda o poço perfurado parado. Em maio de 2018, a Cerâmica Serra da Capivara fez empréstimos bancários e equipou o poço, inclusive com 100 metros de encanamento, revestindo o poço tubular. Atualmente, a água é despejada no chafariz e a comunidade se responsabiliza em transportar essa

água para suas atividades cotidianas ao consumo humano e realizam-se atividades artesanais da Cerâmica e turismo de excelência.

Figura 30 - Descoberta de nova fonte de água após tentativas de detecção da profundidade do solo em Coronel José Dias



Fonte: Empresa em Geologia – Erggeo Geologia/2015.

Identificado em 2015, perfurado e equipado em 2017-2018, onde todos os custos foram por conta pela Cerâmica da Serra da Capivara, o Poço da Esperança teve uma profundidade maior a 130 m do subsolo, situando-se ao Pé da Serra da Capivara, próximo ao Baixão das Andorinhas. Houve a aquisição de uma quantidade maior de números de placas em um sistema mais potente e atualmente opera em condições satisfatórias aos padrões de qualidade à comunidade rural e ao setor produtivo-turístico da região. Foram reutilizadas algumas placas do antigo poço e a aquisição de novas, ao todo 09 placas de 315 volts cada uma. Um poço com uma vazão bem maior, sem noção precisa de capacidade pelo morador do povoado e artesão da cerâmica, Dyones Antunes Costa, explica que ainda tem uma caixa d'água como reservatório de 20 mil litros, caso venham a ter problemas com a bomba ou falta de água em períodos mais secos (Figura 31).

Figura 31 - Segundo sistema fotovoltaico de bombeamento em Barreirinho, no município de Coronel José Dias -PI



Fonte: Dyones Antunes Costa (2021).

O novo sistema em funcionamento com as placas solares à região, em 2017, atende famílias produtoras de atividades artesanais, ecoturísticas locais, na Cerâmica Serra da Capivara, abastecem as pousadas, lojas, ateliês, albergue, chafariz, operários e moradores da comunidade de onde retiram sua renda no manejo dos recursos hídricos e energia com sustentabilidade ambiental, em condições climáticas severas, clima semiárido tropical e de baixa pluviosidade.

O sistema opera enquanto tem sol disponível, jorrando água por meio da conversão de energia solar nas placas de altíssima potência, na garantia de segurança energética e hídrica em um circuito aberto que funciona com 45 volts e em circuito fechado com 37,1 volts. As placas automaticamente com a incidência da luz do Sol, ligam e desligam, acionando a bomba e enquanto houver sol, há água para

abastecer o Povoado Barreirinho, em um sistema limpo e rentável.

Recentemente, o primeiro poço de apenas 2 placas, voltou a dar vazão, mas com capacidade reduzida de 1000 litros por hora, seca a vazante, para e enche ao nível da água e desliga automaticamente de acordo ao Sol. A comunidade ainda faz uso de cisternas e quando chega o período da Seca, eles usam bastante água do poço maior. As cisternas secam e na região é difícil o abastecimento de carros-pipas nessas áreas.

É importante salientar o retorno desses sistemas em termos de projetos, eficiência na região do semiárido, conforme Figura 32 explica.

Figura 32 – Retornos positivos dos sistemas fotovoltaicos



Adaptada pela autora, 2021.

A comunidade precisa ter uma participação social maior nos projetos e não esperar pelas autoridades públicas na manutenção, limpeza dos poços, importantes fontes na captação de água de boa qualidade, seja no uso doméstico, irrigação, criação de animais, demais atividades produtivas. Segundo a responsável da cerâmica, não há envolvimento ativo das comunidades na gestão dos projetos, o que demandou iniciativas ambientais de fora da região.

Os projetos bem tecnicamente adequados e orientados ao manejo ganham força na resiliência nas regiões mais áridas, em períodos mais críticos como no verão. Dependendo do planejamento e diagnóstico da área ambiental a se implantar, os poços conectados ao sistema de bombeamento, a distância dos plantios, no caso da irrigação, a qual atendimento se dará, se por gotejamento, por aspersão, micro

aspersão; por gravidade, no caso da produção artesanal e abastecimento humano. Avaliar os equipamentos adequados, quantidades de placas solares, a manutenção e limpeza adequada, o tempo útil dos mesmos, formação dos entes sociais e a verificação desse retorno à população.

De acordo com técnico agropecuário Roberto Marcelo que faz instalações na região semiárida do Piauí, no período da seca, os sistemas de bombeamento fotovoltaico são bem mais favoráveis que os por combustíveis, sendo mais resilientes a oscilações de energia, a queima de bombas, evitam a perda da produtividade, bem como queima de aparelhos dependentes da energia elétrica.

Algumas informações coletadas foram organizadas em um quadro comparativo das duas comunidades conforme o Quadro 2 abaixo mostra.

Quadro 2 – Resultados das entrevistas estruturadas sobre sistemas de bombeamento investigados

PERGUNTAS	RESPOSTAS	
	Assentamento Marcos/JDF	Povoado Barreirinho/CJD
Nome do Projeto	Projeto de Extensão Científica (Instituições de Ensino e Comunidade): UFPI e parceiros (Instituto Piauí Solar): “Energia Solar para Bombeamento de Água no Semiárido Piauiense”	1° Poço: Projeto PETROBRAS e FUNDHAM “Água no Berço do Homem Americano (ABHA)” 2° Poço: Projeto Particular/Voluntário (Perfuração CHESF e detecção Empresa de Geologia (Erggeo Geologia Ltda);
Localização da Área de Estudo	Localização: Microrregião de Teresina – a 15 km de José de Freitas – Mesorregião: Região Centro- Norte Piauiense Território Entre Rios Bioma: Cerrado/Caatinga	Localização: Microrregião de São Raimundo Nonato - a 4 km de Coronel José Dias – Sudoeste do Piauí Território Serra da Capivara Bioma: Caatinga
Ano de Implantação	2020	2009-2012: (1ª fase) – 1° Poço Petrobrás; 2015: (2ª fase – 2° Poço –Poço da Esperança) Atualmente os 02 ativos.
De onde partiu a iniciativa?	Emenda parlamentar onde instituições destinaram ao semiárido em comunidades rurais distantes na busca na melhoria setor produtivo e comunidade provocou as instituições nas demandas pelo projeto da Horta Comunitária	1° POÇO: Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAN) e parceiros PETROBRÁS e Universidade; 2° POÇO: Recurso Particular: Cerâmica da Serra da Capivara
Perfil das famílias	Comunidades Rurais sem	Comunidades sem

	energia convencional para agricultura familiar.	abastecimento de água potável no território Serra da Capivara.
Número de famílias beneficiadas	10 famílias beneficiadas.	28 famílias beneficiadas.
Identificação dos poços	Poço artesiano com 15 m seco de profundidade pela UFPI	Poços artesanais Identificação: 1° poço: CPRM; 2° poço: empresa Erggeo Geologia & Consultoria LTDA Profundidade: 130 m de profundidade
Objetivos	Difundir o uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento destinado a irrigação em localidades do semiárido piauiense não atendidas por energia elétrica, em observação às condições potenciais de clima, recursos hídricos e geologia (radiação solar + água subterrânea + características hidro geológicas).	1° poço: Promover o aproveitamento dos recursos naturais, ecológicos, turísticos e culturais – SFB em comunidades carentes na melhoria do abastecimento de água potável para comunidade local e setores produtivos. 2° poço: Substituição ao primeiro sistema que paralisou sem motivos estudados.
Atividade Produtiva	Irrigação	Produção artesanal, abastecimento de água para comunidade (chafariz), turismo (albergue, pousada)
Investimentos	Emenda Parlamentar Recurso Parlamentar: R\$: 250.000,00 a 400 pessoas (2018 a 2020); Retorno: PNUD: R\$ 100.000 pela iniciativa que serão investidos em + 10 sistemas.	1° poço: PETROBRÁS Ambiental Recursos: R\$ 3 milhões: 600 mil pessoas 2° poço: recurso não divulgado
Dificuldades	Identificação dos poços com as características solicitadas e relacionadas a questões partidárias	Elevado número de poços com altos índices de sais solúveis, CPRM decisiva nesse processo de escolha
KIT Fotovoltaico	01 poço artesiano equipado com 01 bomba e 01 controlador para ligar e desligar	Envolve um sistema de geração de energia elétrica (módulos fotovoltaicos e sistema de controle), sistema eletromecânico (motobomba) e sistema hidráulico (tubulações, chaves de registro, torneiras, reservatórios e demais acessórios).
Capacidade de Drenagem de Água	5.000 litros de água por dia	1° Poço: 1.000 litros de água por dia; 2° Poço: 6.000 / hora
Monitoramento	Pelos alunos em iniciação científica do Curso de	Responsável da Cerâmica

	Engenharia Elétrica da UFPI.	
Participação Social	No momento da instalação, há uma conversa com a comunidade sobre a tecnologia de aproveitamento da energia do Sol.	Técnicos especializados e requerente do sistema, treinamento pela empresa que colocou as placas solares a moradores e funcionários da comunidade da cerâmica.

Fonte: Pesquisa Direta (2021).

Referente aos projetos instalados, algumas informações relevantes podem ser levantadas, quanto à extensão dos mesmos, indicando o avanço da tecnologia social solar no Piauí.

Os sistemas de bombeamento de água, em José de Freitas, com o Projeto Canindé Solar envolvem comunidades rurais do semiárido em sistemas de bombeamento solar de iniciativas desde 2017-2021 até os dias atuais.

Outros municípios beneficiados são: Oeiras, José de Freitas (JDF), Campo Maior, Esperantina, Paulistana, Currais e região de Bom Jesus. Recentemente José de Freitas tem recebido esses projetos socioambientais e a formação técnica contínua no fortalecimento das famílias rurais.

Os sistemas implantados em José de Freitas em 2019 a 2021 contemplam as seguintes comunidades rurais: Sobradinho - 2019; Kdois e Marcos - 2020; Barbosa – 2021. Todos do Projeto Canindé Solar, os primeiros com recursos da emenda parlamentar e os últimos com o prêmio recebido pelo PNUD.

Enquanto nos sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFBs) de Coronel José Dias (CJD) com o Projeto “Água no Berço do Homem Americano (ABHA)”: Projeto veio com a intenção de melhorar a gestão dos recursos hídricos na região dos Parques Serra da Capivara e Serra das Confusões, implantado pela Fumdam entre os anos de 2007 e 2010, em parceria com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e teve apoio da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIFASF).

O Programa Petrobras Ambiental destinou pouco mais de R\$ 3 milhões, a beneficiar cerca de 60 mil pessoas (Targino, 2008; Petrobrás, 2012). Durante o projeto, foram desenvolvidas pesquisas sobre as águas superficiais e subterrâneas, estudos socioeconômicos de infraestrutura para o turismo cultural e ecológico e programas de educação ambiental e patrimonial nos municípios da região. Destaque especial nos trabalhos de recuperação das lagoas São Vítor e dos Porcos e proteção das nascentes do Rio Piauí (FUMDHAM, 2010).

Houve a instalação de 5 (cinco) sistemas de abastecimento comunitário de água por meio de poços equipados com energia solar fotovoltaica: Comunidades beneficiadas: Lagoa Funda (Várzea Branca), Capim (Guaribas), Barreiro (Guaribas), Fósforo (Jurema) e Barreirinho (Coronel José Dias). Contratação de empresa local especializada na instalação dos sistemas.

Os Sistemas Fotovoltaicos para Bombeamento de Água (SFB) e seus componentes estruturados em terrenos rurais, na maioria com poços tubulares, artesianos e cacimbão, os sistemas também precisam ser vistos como um conjunto de equipamentos em funcionamento e de manutenção, em cuidados específicos, análises técnicas ambientais, tendo o Piauí localização favorável em quase todo o território da disseminação da tecnologia fotovoltaica, praticamente sob a linha imaginária do Equador, detém de bons índices de insolação (quantidade de horas que a região fica exposta ao sol).

Moraes, 2015 esclarece que em geral, na estação seca, o Piauí tenha uma insolação superior a 10 horas diárias, o que implica no aumento de energia solar produtível em todo o período do ano, onde a instalação dos painéis fotovoltaicos ou coletores solares, não necessitam de ângulos de inclinação muito elevados (em média 10° em relação à horizontal).

O Quadro 3 refere-se aos resultados das entrevistas com algumas lideranças comunitárias sobre a percepção das mesmas na receptividade dos sistemas, manejo adequado, grau de dificuldade e um comparativo dos Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento (SBs) nas comunidades investigadas: Assentamento Marcos (AM) e Povoado Barreirinho (PB), quanto ao aproveitamento desta água em relação ao clima, vegetação, condições de solo, biomas (Cerrado e Caatinga, áreas de transição) em suas atividades produtivas específicas.

Quadro 3 – Recepção pelas lideranças comunitárias aos sistemas de bombeamento de água

PERGUNTA	RESPOSTAS	
	ASSENTAMENTO MARCOS	POVOADO BARREIRINHO
Acesso água, energia (Histórico)	Associação dos Pequenos Produtores Rurais do Assentamento Marcos, fundada em 2002. A comunidade tem poço e bomba desde o começo. Moradoras tinham muita vontade em trabalhar com hortas e através de bingos, leilões, atrás de prefeito e vereadores começaram a se mobilizar. Na horta, usam o poço. A bomba é sistema solar próprio.	Processo de habitação: 16 anos de comunidade. A migração da área rural para zona urbana era uma constante, existiam apenas 04 famílias e de pessoas mais idosas que permaneceram no povoado. Após a revitalização comercial da CERÂMICA SERRA DA CAPIVARA, as pessoas começaram a retornar para seus sítios e hoje na comunidade tem 26 residências ocupadas. Porém, existem outras comunidades vizinhas, o que uma população expressiva de pessoas trabalhando no Sítio Barreirinho, beneficiando 46 famílias. Acesso à Energia, a comunidade teve nos anos 90, com projetos implantados pela FUMDHAM - Fundação Museu do Homem Americano - Pela arqueóloga Dra. NIÉDE GUIDON. O projeto se estendeu por outras comunidades também. De início na detecção de poços para a comunidade onde tem a instalação da oficina da Cerâmica, pousada, albergue e 70% dos artesões moram na comunidade.
Número de famílias	42 famílias, fazem parte da associação, mas da horta comunitária apenas 10 famílias. A horta fica próximo à comunidade, no fundo das casas a 500 metros. O poço para energia solar estava parado.	26 famílias residem no Povoado Barreirinho. Comunidade pequena desde o início de seu surgimento.
Sistema Produtivo	Sistema de Irrigação para	Criação de caprino, roças

	hortaliças. Plantio na horta: cebola, coentro, repolho, alface, pimenta-de-cheiro, banana, pepino, tomate, abobora, maracujá, pé de quiabo, pé de maxixe, pé de cana. A comunidade comercializa apenas na comunidade, devido a produção iniciar em setembro de 2020, mas há a intenção de expandir a comercialização e consumo das famílias da comunidade, venda na comunidade. Trabalham também com roça, criação de galinha e porco.	somente no período de chuvas e o Trabalho na empresa Cerâmica Serra da Capivara, todos como artesões.
Participação Social	Acompanhamento dos professores da UFPI e IFPI. Disponíveis para acompanhá-los em visitas e formação técnicas constantes na comunidade. Apoio da Prefeitura local, no início do projeto.	1º poço: Treinamento ao manejo do sistema aos moradores e a funcionários da Cerâmica do povoado. 2º poço: Registro do Geólogo em pauta fez e ainda faz para este poço, onde todos os trabalhos voluntariamente. O mesmo não conhecia nenhum membro da comunidade, o contato inicial com ele foi para formular um contrato de trabalho profissional, o mesmo chegando na comunidade ofereceu seus serviços e direcionou os trabalhos ao Poço da Esperança, na comunidade Barreirinho, no entorno do Parque Serra da Capivara e até hoje, continua direcionando ações corretivas com referência a "água" no povoado.
Dificuldades	Por ser um local brejeiro, foi muito dificultoso levantar canteiros do chão na instalação do SFBs	Deteção restrita de áreas para a instalação dos SFBs. Demarcação de 03 locais dando certeza à comunidade que o resultado seria de água de qualidade para consumo humano e atividades, o que sempre foi muito difícil na

		região pela salinidade.
Outras fontes de uso de água	Não se faz uso de baterias, somente com a luz do sol para irrigar a horta, quando o reservatório enche, fazem uso de caixas d'água para armazenar. Quando está no período do inverno a chuva se encarrega de irrigar. Já no período do verão, usam a água armazenada nas caixas.	Uso de cisternas, reservatórios para reservas de água em períodos mais críticos secos na região Cisternas em praticamente todas as casas para a coleta de água da chuva ao consumo humano. Água do poço principalmente utilizada nos períodos de seca. E os moradores ainda dispõem de cacimbas e barreiros com água para os animais.
Problemas no manejo do SFBs	Não houve nenhuma dificuldade ao manejar o sistema, consideram fácil o manejo, as explicações foram suficientes. Não tiveram dúvidas quanto ao sistema.	O treinamento se deu a duas pessoas "mais" aptas para o manuseio do poço e limpeza das placas. E não houve nenhuma dificuldade no manuseio com a tecnologia. Considerada simples e prática.
Melhorias no SFBs	A instalação se deu no período do inverno, ainda avaliarão o aumento da produção e eficiência energética no período do verão por medições específicas. Aumento da produtividade orgânica.	A Comunidade tinha muita dificuldade em água para consumo humano. Melhorou a relação da água potável com a comunidade. Preciso haver consultas coletivas para conhecimento da temática e formação da comunidade.
Análise de água	A água ainda não foi analisada por nenhum órgão, mas consideram a água de boa qualidade, no início havia muita sujeira por conta do poço parado por muito tempo. Tem como reservatórios: 03 caixas d'água, 02 de 500 litros e uma de 1000litros.	Abastecimentos anteriores era de poço de água salobra e por carros-pipas para consumo humano. Ainda era abastecida por cacimbões que os moradores tinham nas suas próprias terras. Em 1994, a FUMDHAM fez um poço tubular, porém a água era salobra. A comunidade usava a água deste poço para animais e outros fins. A água para consumo humano vinha pelas prefeituras em carros com tambores. Atualmente, água é considerada pela comunidade boa qualidade. Tratamento de água realizado pela Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM) a cada 03 ou 04

		meses. A análise da água feita semestralmente, porém nos últimos dois anos, acontece uma vez somente no ano. Inclusive realizada em março de 2021.
Apoio Técnico	Formações em produções de compostagem e manejo de hortaliças orgânicas (IFPI).	Oficinas em artesanato e turismo sustentável.
Impactos Sociais, Ambientais e Econômicos	Possibilitou a organização produtiva, cursos de empreendedorismo rural, manejo do uso do solo e renda com a produção de hortaliças, fortalecimento da organização produtiva e avanços na economia verde. Renda e trabalho às comunidades rurais	Mais economia/energia/água de qualidade. Autonomia nos processos produtivos e consumo humano. A comunidade não precise usar sua renda para a aquisição de carros de água boa. Benefícios: O principal é não depender dos carros pipas que na grande maioria das vezes traz água salobra, o que reserva nas cacimbas e em outros poços de anos anteriores a Poço da Esperança.

Fonte: Pesquisa direta (2021).

6 CONCLUSÕES

A conexão autônoma dos sistemas permitiu gerar autossuficiência e economia nas atividades de irrigação, devolvendo a produtividade, aumento da renda familiar e novas formas de se relacionar ao meio ambiente nas zonas rurais do semiárido piauiense, especialmente no emprego das práticas de convivência às condições climáticas da região.

Em menos de um ano do lançamento da tecnologia fotovoltaica no Assentamento Marcos em José de Freitas, já se pode perceber a organização social da horta orgânica em progredir com suas produções orgânicas, sem agrotóxicos, tratando o solo e os alimentos como organismos vivos, obedecendo preceitos socioambientais, sendo o plantio benéfico ao meio ambiente e às famílias produtoras e demais consumidores das hortaliças.

A comunidade comercializa, atualmente, na região, maxixe e cheiro-verde. Já os demais orgânicos da horta são para o consumo próprio. Enfrentam problemas com pragas, mas utilizam-se de compostagem, inseticidas naturais e acompanhamento de técnicos.

Em Coronel José Dias-PI, na comunidade Barreirinho, a potencialização energética incrementou o sistema produtivo artesanal da Cerâmica. Aumentou a distribuição de água para a comunidade, reduziu custos nos processos das atividades artesanais. Promoveu uma compensação e valoração ambiental da região pela não degradação das áreas de conservação. Incentivou as fontes energéticas renováveis em substituição de combustíveis fósseis por Energia Solar, assegurando empregos efetivos. Práticas artesanais com técnicas sustentáveis. Mais qualidade de vida. Além de ofertar um turismo que trabalha com o desenvolvimento sustentável, tem autenticidade cultural, inclusão social e conservação do meio ambiente.

Após as condições de água e energia na região por meio dessa fonte de renda vem diminuindo a depredação ao meio ambiente (fauna e flora característicos da região) e ao patrimônio cultural do Parque (pinturas rupestres e vestígios arqueológicos). A argila é o produto principal dos artesãos nas peças de barros, retirada de barreiros, formada pelo acúmulo de água das chuvas é extraída para o artesanato na prevenção do assoreamento dos poços.

É importante realizar estimativas quantitativas e medições na vazão dos poços solares no monitoramento da distribuição desta água na região, investigando

os períodos chuvosos e de verão, na disponibilidade e atividades que se destinam pelo dispositivo Calha Parshall, indicando em fluidos por gravidade. Também que haja a realização de sondagens com certa periodicidade no mapeamento do lençol freático em toda área do sistema, para possíveis prognósticos na demanda da água, consumo na comunidade e possíveis riscos no abastecimento do povoado Barreirinho.

Quanto aos impactos sociais, ambientais e econômicos, esses sistemas fotovoltaicos de bombeamento têm melhorado o abastecimento de água e energia, as condições econômicas sustentáveis de renda às famílias que vivem de boa parte do ecoturismo local e práticas artesanais, além da criação de animais. Impulsionando o setor produtivo e desenvolvimento da região, atraindo mais turistas, aumentando a produção artesanal, a valorização ambiental do Parque Nacional Serra da Capivara e dando dignidade às pessoas trabalhadores que fomentam a economia verde em Coronel José Dias.

Para as populações rurais do semiárido que detém de baixa renda em seus orçamentos, seria o melhor indicativo de matriz energética. Além de garantir às populações rurais a fixação na região com mais qualidade de vida e trabalhar no que é deles, sem gerar danos ao meio ambiente e tendo seus próprios ganhos econômicos, tornando-os autossustentáveis.

As parcerias sociais são importantes na mobilização dos projetos socioambientais, atuam na defesa dos recursos naturais com equipe de voluntários em diversos perfis. O Assentamento Marcos contou com apoio das organizações não-governamentais REAPI, Garagem Orgânica. A comunidade tentava há dois anos ter uma horta comunitária formada por mulheres na organização produtiva, o problema era a energia que não tinham e surgiu o Projeto Piauí Solar, em cursos e na montagem da horta. No povoado Barreirinho, as iniciativas foram parcerias de projetos ou iniciativas particulares que também contribuíram na qualidade de vida e mudanças ambientais na região.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Projetos Socioambientais investidos no Estado do Piauí, desde 2009, relacionados a Sistemas de Bombeamento de Água por Energia Solar, também conhecidos por Sistemas Fotovoltaicos de Bombeamento (SFBs) visam um planejamento estratégico por entes sociais envolvidos em assumir compromissos ambientais que invistam em alternativas tecnológicas sociais, auxiliares a uma população a terem recursos básicos (água e energia), que são a ‘mola’ para o desenvolvimento de uma região, no resgate de sua dignidade e na geração de renda e trabalho.

Aliados a isso, se propõem a aspectos ambientais positivos na redução dos efeitos climáticos severos que acometem as populações rurais, a se buscarem atividades de descarbonização na eliminação de poluentes, como os combustíveis fósseis, emissores quantitativos no aquecimento global e indicadores das mudanças climáticas globais, como forma de se utilizarem de tecnologias compatíveis que contribuam na diversificação de outras matrizes energéticas renováveis, tornando a ciência em uma arte favorável a adaptações humanas.

Valer-se de um direito humano acessível, como a água, requer não só do uso de poços, reservatórios, represas, rios e lagos, demanda energia, mudança de culturas não sustentáveis. Tem uma dimensão bem maior do que os padrões de uso comum ou múltiplos da água. Impactos na biodiversidade, saúde, segurança alimentar e hídrica, nos níveis de renda, conflitos, migrações ou economia. As tecnologias sociais interferem na realidade de muitas pessoas que brotam no semiárido. Nesses lugares, novos meios de convivência e progressão às condições climáticas se formam em fixação e desenvolvimento das áreas rurais.

Como todo projeto, o sistema também é passível de falhas, reavaliações e acompanhamento no controle de suas operações. Essas nuances fazem com que o trabalho coletivo se fortaleça entre os entes envolvidos nesses projetos socioambientais. As instituições públicas de ensino, comunidades envolvidas, organizações não-governamentais têm um papel fundamental em trazer essas tecnologias e mobilizar outras ações que agreguem o desenvolvimento produtivo delas.

O monitoramento no desempenho do sistema, formação de recursos humanos nas localidades rurais a tornarem-se aptos na manutenção do sistema

também são importantes, além de contribuírem na popularização da ciência e tecnologia das energias renováveis. A criação de ONGs no setor, como o Instituto Piauí Solar (IPS) em 2011 e os grupos de pesquisas na área, como o Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia Solar (GIPES) também fundamentais no fortalecimento desta política socioambiental para a realização de mais projetos desta natureza.

Constatou-se isso no caso de Coronel José Dias passou por algumas fases, em uma região de prospecção em vazão de água bem mais dificultosa, onerosa sem consulta coletiva que a de José de Freitas e a verificação e monitoramento local devem ser constantes.

A população ainda luta em condições desiguais por água em situações bem mais críticas e isso demanda por estudos técnicos mais precisos. A realidade energética e hídrica da região em períodos mais quentes se torna, às vezes, a única fonte daquele lugar. Os problemas com a distribuição da água e a cobrança aos reguladores desses serviços quase não são feitos pelas populações por desconhecimento, desinformação de seus direitos básicos e as tecnologias fotovoltaicas têm contribuído para reverter isso.

No caso de José de Freitas em experiências mais recentes, houve uma adaptação e recepção do sistema em se inserir uma cadeia produtiva menor que interliga várias ações de formação ao fortalecimento da Horta Comunitária (cursos, aprimoramento em agroecologia, compostagem, dentre outras) e isso tem impactado na compreensão e mudança na organização e economia social, incentivando o empreendedorismo rural na comunidade.

Os sistemas retiram dezenas de famílias de um patamar de desigualdade social, resgata a dignidade e traz o empoderamento comunitário e a governança desses povos que transformam o escasso e pobre em abundante, o ineficaz em produtivo. Isso possibilitou melhorias na renda e qualidade de vida dos envolvidos, permitindo a diversificação do cultivo e a alimentação familiar, aumento da produção artesanal, mais economia, mais água e energia de qualidade entre eles.

Portanto, dar continuidade aos sistemas implantados em análise corretiva e preventiva, monitoramento e avaliações periódicas em tecnologias sustentáveis, envolver a comunidade em formações técnicas, aprimoramentos nos arranjos produtivos, comerciais, no manejo e manutenção, informações na vida útil dos equipamentos, na contabilização ambiental de seus ganhos e contribuições da

diminuição dos efeitos climáticos. Um trabalho multidisciplinar de diversos entes atores (técnicos, comunidades, gestões públicas, ONGs) no progresso das boas práticas sustentáveis e adaptações a fenômenos naturais, recuperações a efeitos antrópicos a um ambiente ecologicamente cada vez mais equilibrado às gerações.

A Gestão Ambiental se adequa ao controle e uso racional dos recursos naturais, seja pela eficiência hídrica, seja pela energética, na sensibilização e (in) formação de seus potenciais pelos estudos ambientais das energias renováveis e no alinhamento à Economia Verde e ao empoderamento das populações rurais.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR - **Associação Brasileira de Energia Solar**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://absolar.org.br> . Acesso em: 22 Jun. 2021.

ALMEIDA, Daniel Ladeira; BENASSI, Roseli Frederigi. **Crise hídrica e de energia elétrica entre 2014-2015 na região Sudeste**. Revista Hipótese. v. 1, p. 65-76, 2015.

ANDRADE, E. M. **A floresta tropical seca, caatinga: as certezas e incertezas das águas**. Revista de investigación multidisciplinar, v. 12, p. 11-20, 2017.

ANDRADE JÚNIOR, Aderson S.de; SILVA, Ênio F. de F. e; BASTOS, Edson A; MELO, Francisco B. de; LEAL, Clarice M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semiárido piauiense. Gestão e Controle Ambiental. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** v. 10 n.4, Dez/2006.

ALVARENGA, C. A.. **Bombeamento de água com energia solar fotovoltaica**. Engenharia Solenerg, 2019.

ARAÚJO, Marcos Vinícius Machado; SOUZA, Antônio Felipe da; SILVA, Adonys Roney Muniz da. **A crise hídrica no Vale do Sambito: uma perspectiva de desenvolvimento socioambiental**. Universidade Federal de Santa Maria, Revista Monografias Ambientais, v. 19, n.5, 2020.

ARAÚJO, N.D. et al. **Evolução e análise de sistemas fotovoltaicos no Brasil e Chile**. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza-Ceará, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.

_____. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2003. 24 p.

_____. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 3 p.

_____. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

AZEVEDO, Bruno. **A variedade do ecoturismo brasileiro**. Impacto Unesp, São Paulo, 04 de jan. de 2022. Disponível em: <https://www.impactounesp.com.br/post/a-variedade-do-ecoturismo-brasileiro>. Acesso em: 28 de jan. de 2022.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Solar**. Caderno Setorial ETENE, Ano 5, N° 110, Março de 2020.

BLUESOL ENERGIA SOLAR. **Sistema Fotovoltaico Off-Grid (Isolado): Você Acha que Sabe Tudo?** Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-off-grid-isolado-voce-acha-que-sabe-tudo/> . Acesso em: 20 de nov. 2021.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. **Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 74-80, 2010.

BÓRIO, Pamela Monique Cardoso. **Prosumer: o novo protagonista da comunicação**. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba. 2014, 109 f.

CHAVES, Luiz Inácio; FAVARIN MURARI, Carlos Alberto. **Uma perspectiva para o setor elétrico brasileiro – horizonte 2029**. Instituto Federal do Paraná Universidade Estadual de Campinas. Revista Brasileira de Energia, Vol. 26, Nº 1, 1º Trimestre de 2020.

CODEVASF. **Bacia do Parnaíba abriga 4,8 milhões de pessoas, 279 municípios e três diferentes biomas**. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/noticias/2014/bacia-do-parnaiba-abriga-4-8-milhoes-de-pessoas-279-municipios-e-tres-diferentes-biomas>>. Acesso em: 04/03/2022.

CRESTEB. **Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_38607>. Acesso em: 04/01/2022.

DANTAS, Stefano Giacomazzi. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no Semiárido do Brasil**. Fevereiro- 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/integracao-de-conhecimentos-e-de-tecnologias> . Acesso em: 22 Jul, 2021.

DHERE, N. G., Cruz, L. R., Lobo, P. C., Branco, J. R. T., Ruther, R., Lima, J. H. G., Zanesco, I., 2005. **History of solar energy research in Brazil, Proceedings of the ISES 2005 Solar World Congress**, vol. 1, pp. 1-6

FEDRIZZI, Maria Cristina. **Sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água para uso comunitário: lições aprendidas e procedimentos para potencializar sua difusão**. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo, 2003.

FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de; STERMMNER, Caspar Erich; MOREIRA, José Roberto; CAMPOS, Ivonice Aires; ZILLESS, Roberto; FABRIZY, Marie Pierre; FEITOSA, Everaldo; CORRÊA, Francisco; FAGÁ, Murilo T. W; FERIZZI, M. C; MAZZON, L.A; PEREIRA, Osvaldo Soliano. **Tópicos Atuais – O Foro Permanente das Energias Renováveis e o Desenvolvimento das Energias Solar, Eólica, da Biomassa e das Pequenas Centrais Hidroenergéticas no Brasil**. Revista Brasileira de Energia. v. 6, n.1, 2005.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO. Disponível em: <www.fundaj.gov.br> Acesso em: 13/06/2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opinioao_maio_usos_multiplos_da_agua.pdf. Acesso em: 28/12/2021.

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ. Disponível em: http://www.ppp.pi.gov.br/ppptestes/wp-content/uploads/2019/01/MINIUSINA_FOLDER-PPP-PT.pdf. Acesso em: 29/12/2021.

GUICHON, Nara. **Uma reflexão sobre o artesanato sustentável e seu papel transformador.** Wordpress, 2019. Disponível em: <https://naraguichontextil.wordpress.com/2019/08/12/uma-reflexao-sobre-o-artesanato-sustentavel-e-seu-papel-transformador/>. Acesso em: 30/12/2021.

HUBACK, V. et al. **Mudanças climáticas e os impactos sobre o setor de energia elétrica: uma revisão da bibliografia.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 10., 2016, Gramado, Rio Grande do Sul. Anais... CBPE: Gramado, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2On7Umq>.

ITS BRASIL. Caderno de Debate – **Tecnologia Social no Brasil**. São Paulo: ITS. 2004, p.26.

IPHAN. **Parque Nacional Serra da Capivara.** Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/42>. Acesso em 12 de nov. de 2021.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

JORBA, Antonio Ferrer; ROCHA, Gerônimo Albuquerque. **Manual de Operação e Manutenção de Poços.** 3ª Edição, p. 27. São Paulo, dez de 2007.

LIMA, Flávia. Nova economia global e o ar condicionado. **O Setor Elétrico**, São Paulo, ed. 178/abr./mai. 2021. Disponível em: https://issuu.com/revistaosetoreletrico/docs/edicao_178_finaisimples. Acesso em: 20 abr. 2021.

MAGARREIRO, Clarisse; FREITAS, Sara; CENTENO BRITO, Miguel. **Radiação e Energia Solar.** Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Artigo geral, v, 37, n.1/2, pg. 57, 2012.

MARTINELLI, Suellen Secchi; Cavalli, Suzi Barletto. **Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/z76hs5QXmyTVZDdBDJXHTwz/?lang=pt#>. Acesso em: 02/08/2021.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** Oficina de textos, 2017.

MONITOR DAS SECAS. ANA, 2021. Disponível em: <<https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=11&ano=2021>>. Acesso em: 02/01/2022.

MONTEIRO, Alex Becker. **Histórico da Irrigação**. Agroinsight, 2021. Disponível em: <<https://agroinsight.com.br/historico-da-irrigacao/>>. Acesso em: 30/12/2021.

MORAES, Albemerc Moura de; TRIGOSO, Frederico, B. Morante. **Instalações fotovoltaicas implantadas por instituições públicas e privadas no território entre rios, Estado do Piauí** - Revista Brasileira de Energia, v, 18, n. 2, 2º Sem. pp.81-97, 2012.

MORAES, Albemerc Moura de; TRIGOSO, Frederico, B. Morante. **A tecnologia solar fotovoltaica no Semiárido Piauiense: Estudo de Caso**. Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas. 2016.

MORAES, Albemerc Moura de **Energia fotovoltaica e barreiras**. Teresina, 2013.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico**. Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/yJnRYLWXSwyxqggqDWy8gct/?lang=pt> . Acesso em: 13 de jan. de 2021.

NEOSOLAR. **Bomba solar – bombeamento de água com energia solar**. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/bomba-solar-para-bombeamento-de-agua>>. Acesso em: 17/11/2021.

NUNES-VILLELA, Josely; OLIVEIRA, Felipe Rapozo de; COSTA, Maria de Lurdes Domingos; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. **Energia em tempo de descarbonização: Uma revisão com foco em consumidores fotovoltaicos**. RBCIAMB, Guapimirim (RJ), Brasil. n.45, p. 130-144, set 2017.

NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro. **A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores**. Ciência, Valores e Alternativas II. Estud. av. v. 29, n. 83, Jan./Apr.2015.

OLIVEIRA, Alan Martins de; ROCHA, Amanda Suianny Fernandes; MARTINS, Jaqueline Cunha de Vasconcelos. **Viabilidade socioambiental de poços artesianos movidos a energia solar em comunidade rural do Rio Grande do Norte**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015.

OLIVEIRA, Eric Nicholas Clementino da Silva; LIRA, Tavares; MORAES, Albemerc Moura de; Albemerc. **Sistemas fotovoltaicos de bombeamento na agricultura familiar piauiense**. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado, 17 a 20 de abril de 2018.

PENA, Rodolfo F. Alves. **"Evolução da agricultura e suas técnicas"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm>. Acesso em 02 de agosto de 2022.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL – CRESEB. Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro, março de 2014.

PIPII, Luís Guilherme Aila; LIMBERGER, Luciene Rossi Lopes; LAZAROTTO, Gerusa. **Ecoturismo: aspectos conceituais, reflexões e diretrizes para projetos paisagísticos**. Paisagem e Ambiente, [S. l.], n. 28, p. 95-132, 2010.

PORTAL (O) ECO. **O que é Ecoturismo**. Disponível em: <https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28936-o-que-e-ecoturismo/>. Acesso em: 02/06/2021.

PORTAL SOLAR. **Sistema de Energia Solar Off Grid**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-energia-solar-off-grid>. Acesso em: 14 de jun. de 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CORONEL JOSÉ DIAS. **Plano Municipal de Educação Vigência de 2015 – 2025**. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOSÉ DE FREITAS. **Cidade, Brasil**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-jose-de-freitas.html>. Acesso em: 02/01/2022.

REVISTA FÓRUM BRASIL DE GESTÃO AMBIENTAL. **Estudo do Instituto Semeia traz 12 propostas para desenvolver o potencial do turismo em parques naturais brasileiros**. Disponível em: <https://revistafbga.com.br/estudo-do-instituto-semeia-traz-12-propostas-para-desenvolver-o-potencial-do-turismo-em-parques-naturais-brasileiros/>. Acesso em: 02/11/2021.

REZENDE, Raquel Lara. **As mãos que criam, criam o que?** ARTESOL, [s.d.]. Disponível em: <https://www.artesol.org.br/ceramicaserradacapivara>. Acesso em: 20/11/2021.

SANTOS, Sergio Roberto. CANAL SOLAR, 2020. **Responsabilidade nos projetos de energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/responsabilidade-nos-projetos-de-energia-solar-fotovoltaica/> Acesso em: 28 de julho de 2021.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. [S.l.: s.n.], 2013.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE CORONEL JOSÉ DIAS-PI – 2018 a 2021 – Atualizado em 2021. **Plano Municipal de Saúde de Coronel José Dias-PI**.

Disponível

em:

<<https://coroneljosedias.pi.gov.br/uploads/documentos/1273606f9b1ff1b52a084aa5734edfb7.pdf>>. Acesso em: 04/12/2021.

SEGURA, Angel; DIANA, Maritza; MORANTE, Trigo; BERNARDINO, FREDERICO. **Possíveis impactos sobre o meio ambiente e a saúde humana das lâmpadas LED usadas em residências rurais eletrificadas com sistemas residenciais fotovoltaicos**. Revista IEEE América Latina. v. 14, p. 3308-3315, 2016.

SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, 2022. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/uf_pocos.php>. Acesso em: 03/03/2022.

SHIKLOMANOV, IA e Rodda, JC (2003) **Recursos Hídricos Mundiais no Início do Século XXI**. Cambridge University Press, Cambridge.

SOITO, J.L.S.; FREITAS, M.A.V. **A Amazônia e a expansão da energia hidrelétrica no Brasil: Vulnerabilidade, impactos e possibilidades de adaptação às mudanças climáticas globais Avaliações de Energias Renováveis e Sustentáveis**. Volume 15. Ano 1. Janeiro 2011.

SOUTO, Mirela. **Um grito de alerta necessário no Dia Mundial da Água**. A Gazeta, 2020. Disponível em: < <https://www.agazeta.com.br/artigos/um-grito-de-alerta-necessario-no-dia-mundial-da-agua-0320>>. Acesso em: 22/06/2021.

SUASSUNA, João. **A Água no semiárido brasileiro: potencialidades e limitações**. Ecodebate, 2012.

SUASSUNA, João. **Água**. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/artigos-de-joao-suassuna/agua-artigo-de-joao-suassuna>>. Publicado em: 2019. Atualizado em 2021. Acesso em: 02/01/2022.

VASCONCELOS, Mickaelon B; SOUSA, Ney Gonzaga; GENARO, Daniele Tokunaga. **Histórico das perfurações de poços tubulares no estado do Piauí**. Revista de Geologia. Fortaleza, v. 27, n; 2, p. 111-126, 2014.

VAZ, P. T. et al. **Análise estratigráfica da sequência siluriana da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 38, n.1, p.33-49, 2019.

SITE: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/564/437>. Acesso em 23/05/2021.

SCHNEIDER, Francielle Pareja. **Comparação de sistemas de geração de energia utilizando gerador a diesel e painéis fotovoltaicos para áreas rurais isoladas**. Cascavel, Paraná – Brasil, 2019.

SIMIONI, T. **O impacto da temperatura para o aproveitamento do potencial solar fotovoltaico**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/33ZEwJw>>. Acesso em: 24/06/2021.

Sousa, L. C. **Sistema de bombeamento fotovoltaico de acoplamento direto com motor de corrente contínua**, 2016.

TOLMASQUIM, M. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. Estudos avançados**. São Paulo, Brasil. Vol. (26). 2012.

VENTURA, A.; ANDRADE, J. **Policultura no semiárido**. Fact Reports, Issue 3, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2QuBNUl>>.

VILLALVA, M. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2ª Edição Revisada e Atualizada. Editora Érica/Saraiva, 2012.

APÊNDICE A – ENTREVISTAS AOS RESPONSÁVEIS DOS PROJETOS INSTALADOS DE BOMBEAMENTO SOLAR

ENTREVISTAS

Informações gerais

Nome do (a) Entrevistado (a): Professor Dr. Marcos Tavares Lira

Perfil do (a) Entrevistado (a): Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (2015); Mestre em Ciências Físicas Aplicadas pela Universidade Estadual do Ceará (2009); Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (2009); Graduado em Licenciatura Plena em Física pela Universidade Estadual do Ceará (2007). Professor Adjunto do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Piauí. Tutor do PET do Curso de Engenharia Elétrica. Professor dos cursos de Mestrado em Engenharia Elétrica (UFPI), Mestrado em Ensino de Física (UFPI) e Mestrado em Climatologia (UECE). Tem interesse nas seguintes áreas: Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica, Conservação de Energia Elétrica, Eficiência Energética. Energias Renováveis e Ciências Ambientais. Membro do Comitê Técnico Científico do Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia. Membro da Câmara Técnica de Energias Renováveis do Piauí. Membro da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do CREA/PI

1. O Projeto Socioambiental em Tecnologia Fotovoltaica existe há quanto tempo?
2. De onde partiu a iniciativa do Projeto Socioambiental? Setor público, ensino superior, empresarial ou social?
3. Quais objetivos, desafios, resultados e se há monitoramento aos sistemas implantados e de que forma isso acontece?
4. Quantos municípios beneficiados? Famílias? Qual a extensão do projeto a outros municípios no Estado do Piauí?
5. Como acontece a participação social da comunidade no projeto?
6. Que retornos positivos houve para essas comunidades rurais?
7. Houve alguma paralisação por conta da pandemia?
8. Qual sua avaliação sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos?
9. Qual a fonte de recursos financeiros, tecnológicos dos projetos?
10. Quais as vantagens e desvantagens desses sistemas?

Fonte: Autoria Própria/2021.

APÊNDICE B – ENTREVISTA COM TÉCNICOS SOBRE OS EQUIPAMENTOS, MANUTENÇÃO, MANUTENÇÃO, UTILIZAÇÃO PARA O BOMBEAMENTO SOLAR

ENTREVISTAS

Informações gerais

Nome do (a) Entrevistado (a): Técnico Agropecuarista

Perfil do (a) Entrevistado (a): Professor da Escola Família Agrícola e Técnico na Implantação de Sistemas de Bombeamento de Água

1. Nas instalações de sistema de bombeamento de água nas comunidades rurais, utilizam geralmente apenas as placas fotovoltaicas ou também baterias para armazenamento desta fonte energética?
2. Há eficiência energética nos períodos de inverno como as produções ficam durante esse período?
3. Qual o custo-benefício gerado a esses produtores rurais com os sistemas de bombeamento de água?
4. Nas regiões dos projetos, no período de B R O–BRÓ, quais são as maiores dificuldades que os agricultores familiares com a utilização da energia convencional encontram e quais as vantagens na aquisição desses sistemas?
5. Qual a garantia desses sistemas a essas comunidades rurais?

Fonte: Autoria Própria/2021.

APÊNDICE C – ENTREVISTAS NÃO-ESTRUTURADAS AOS RESPONSÁVEIS DOS PROJETOS SISTEMAS DE BOMBEAMENTO NO ESTADO DO PIAUÍ À ACADEMIA CIENTÍFICA

ENTREVISTAS

Informações gerais

Entrevista 1:

NOME DO ENTREVISTADO: Albermec Moura de Moraes (UFPI)

PERFIL DO ENTREVISTADO: Possui graduação em Física pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), mestrado e doutorado em Energia pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Técnico em assuntos educacionais na Universidade Federal do Piauí. Atualmente é Diretor Técnico Científico da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI), coordenador do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia Solar do Piauí (GIPES) e professor de física nos cursos de Engenharia Elétrica e Civil no Centro de Ensino Unificado do Piauí (CEUPI). Tem experiência na área de Energia, atuando principalmente nos seguintes temas: energias renováveis no meio rural, sistemas fotovoltaicos e bombeamento fotovoltaico.

1) Sobre a instalação dos sistemas fotovoltaicos iniciais no Estado. Eles se iniciaram de forma autônoma?

2) Se o Estado tem alguma lei a respeito do assunto?

3) Qual a contribuição das instituições de ensino federal no avanço das tecnologias sociais no Estado em formação, cursos, técnicas?

4) Se há algum estudo de quantificação na redução de CO₂ nos sistemas instalados?

5) Como as ONGs foram fundamentais nesse processo de implantação do projeto de bombeamento de água por Energia Solar?

6) A provocação para instalação do projeto partiu da comunidade ou dos setores de ensino?

ENTREVISTA 2:

NOME DO ENTREVISTADO: José dos Santos de Moura (IFPI)

PERFIL DO ENTREVISTADO: Possui graduação em Bacharel em Ciências da Computação pela Universidade Estadual do Piauí (2007) e especialista em docência do Ensino Superior pela Faculdade Integral Diferencial (2008). Atualmente é professor e Diretor Geral do Instituto Federal do Piauí - Campus Avançado José de Freitas.

- 1) Como se deu a implantação do sistema de bombeamento solar em José de Freitas?
- 2) O IFPI pretende expandir esses projetos a outras comunidades rurais?
- 3) Há incentivos federais nesses projetos sociais?
- 4) Esses sistemas são os primeiros sistemas de energia solar ligados à agroecologia?
- 5) Desde quando estes projetos vêm sendo implantados?
- 6) Qual a participação do IFPI nos projetos?
- 7) Já é percebido rendimento econômico para essas comunidades com esses projetos?

Fonte: Autoria Própria/2021.

APÊNDICE D – ENTREVISTA ESTRUTURADA A LIDERANÇAS COMUNITÁRIAS DOS SISTEMAS (RECEPÇÃO, USO, GESTÃO, DIFICULDADES, CONCEPÇÃO) ENTREVISTAS

Informações gerais

NOME DO (S) ENTREVISTADO (S): Filomena da Costa Sousa (conhecida na comunidade por Dona Dira) e Girleide Maria Alves de Oliveira.

PERFIL DO ENTREVISTADO (S): Liderança Comunitária 1: Tesoureira da Associação da Horta de Mulheres para Irrigação das hortaliças beneficiada como sistema de bombeamento solar - líder comunitária da Horta Comunitária, tesoureira e legalmente a presidente ainda. Liderança 2: Responsável pelo Grupo Cerâmica Artesanal da Serra da Capivara.

1) Nome da comunidade, quanto tempo de existência e como foi processo de habitação.

2) Havia acesso a água, energia, outros serviços?

3) Quantas famílias compõem o povoado ou comunidade rural?

4) Que sistema produtivo os moradores desenvolvem por sistema de bombeamento de água?

5) Como foi a instalação do projeto, houve participação social na implementação do projeto?

6) Houve treinamento, formação, alguma dificuldade no manejo dessa tecnologia? Se teve, quais foram?

7) Como vivia a comunidade antes e depois da energia solar?

8) Como era o abastecimento dessa água para o assentamento antes do sistema de bombeamento de água?

9) Fazem-se a opção por outras fontes, cisternas, cacimbão ou somente o poço abastece?

10) Quais os problemas envolviam as comunidades antes do projeto e que foram resolvidos?

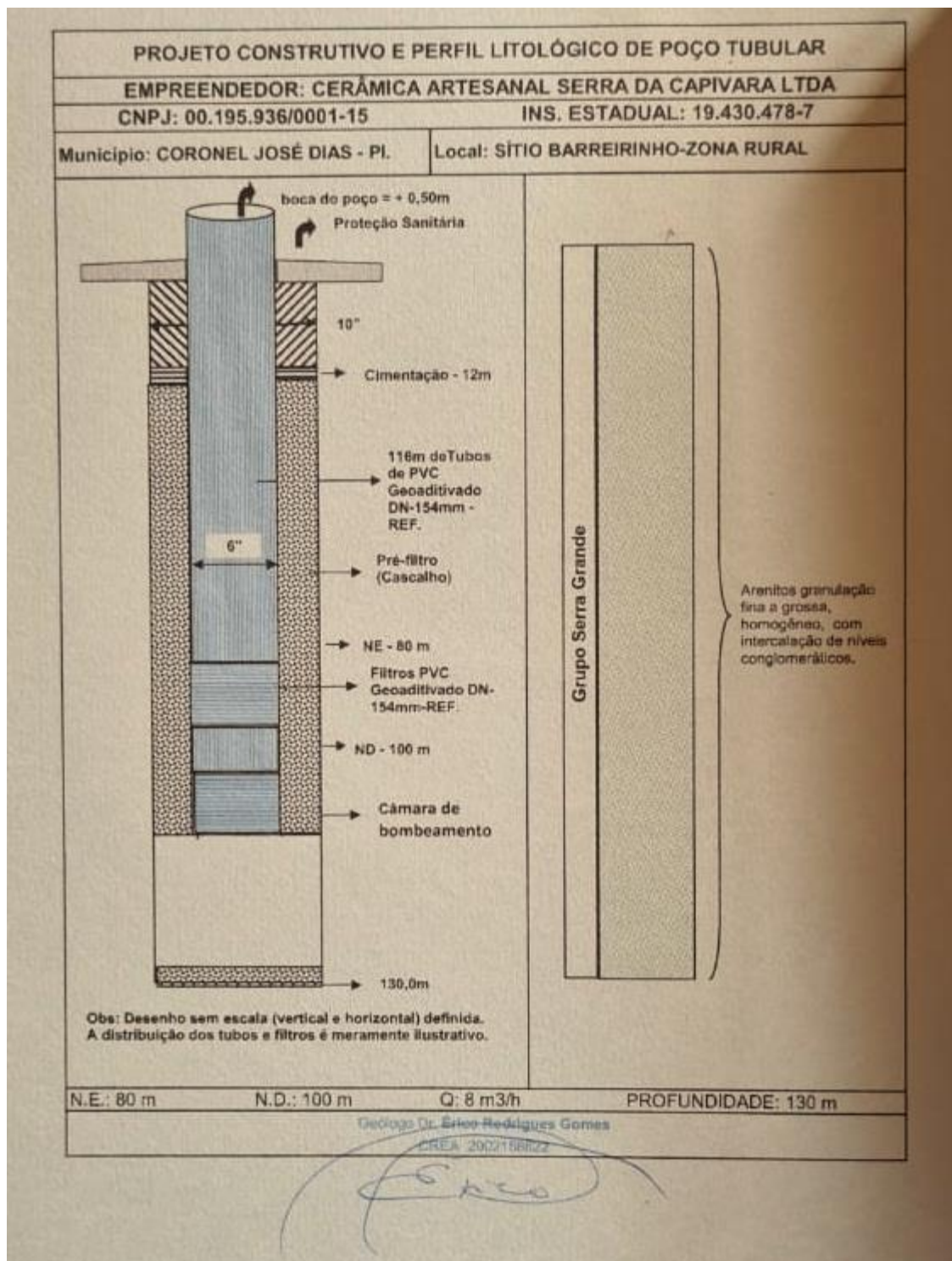
11) Para que estão sendo utilizadas na geração de energia e água?

12) Que sustentabilidade ambiental este sistema teve para a comunidade?

13) E o que precisa ser melhorado ainda para comunidade com relação à distribuição da água e do sistema de bombeamento?

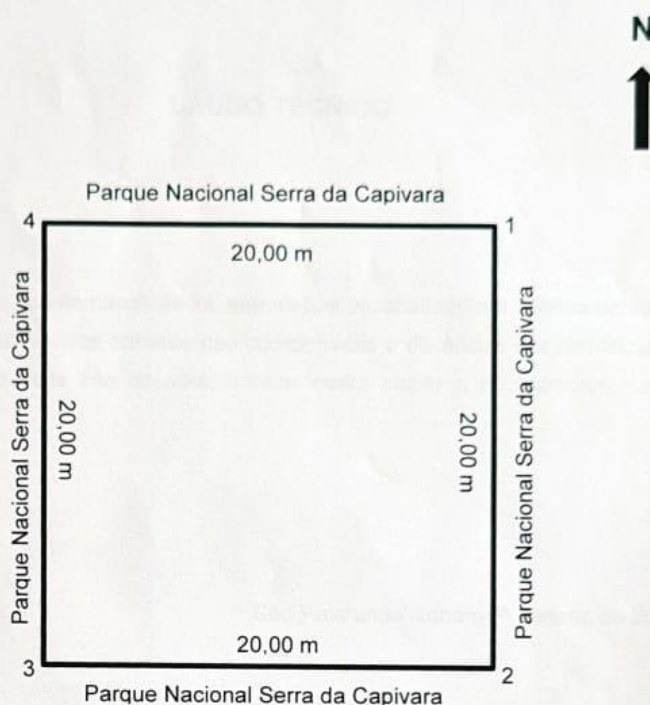
ANEXOS

ANEXO A - PROJETO CONSTRUTIVO DO POÇO TUBULAR DE CORONEL JOSÉ DIAS PARA REINSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO



Fonte: (Responsável pelo Grupo Cerâmica, Gisleide Maria Alves de Oliveira, 2021).

ANEXO B – REQUERIMENTO DO PROJETO PELA FUMDHAM



- **REQUERENTE:** FUMDHAM
- **LOCAL:** Baixão da Esperança
- **MUNICÍPIO:** Coronel José Dias-PI
- **ÁREA:** 400,00 m²

- COORDENADAS NA LOCALIZAÇÃO (WGS 84)

- 1 – 770.652,51 E/ 9.024.912,18 N
- 2 – 770.657,11 E/ 9.024.892,69 N
- 3 – 770.637,63 E/ 9.024.888,11 N
- 4 – 770.633,04 E/ 9.024.907,58 N

Lidio Paes de Lima
 Lidio Paes de Lima
 Engº Agrimensor
 190573827-7

Cel. José Dias-PI, 02 de janeiro de 2017

Fonte: (Responsável pelo Grupo Cerâmica, Gisleide Maria Alves de Oliveira, 2021).