

O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES NA DIFUSÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE BOMBEAMENTO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Albemerc Moura de Moraes – albemerc@ufpi.edu.br

Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia Solar do Piauí – Universidade Federal do Piauí

Federico Bernardino Morante Trigo – federico.trigo@ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Energia, Laboratório de Energias Renováveis

L. Roberto M. Valer – robvaler@gmail.com

Maria Cristina Fedrizzi – fedrizzi@iee.usp.br

Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo

Resumo. O uso de sistemas fotovoltaicos para o suprimento de água em comunidades rurais dispersas apresenta-se como uma alternativa consolidada e competitiva, com elevado grau de confiabilidade técnica. Contudo, observa-se que as iniciativas realizadas no Semiárido brasileiro, utilizando sistemas fotovoltaicos de bombeamento, não propiciaram condições adequadas para uma ampla difusão dessa tecnologia como alternativa para o acesso à água em comunidades rurais dispersas, por falhas nos arranjos institucionais utilizados na sua implantação e gestão. O presente estudo está baseado em pesquisa de campo e discute a importância dos arranjos institucionais para uma melhor difusão dessa tecnologia de acesso à água no Semiárido brasileiro. Além disso, exalta a importância do planejamento de ações que tornem os projetos mais independentes após a saída das instituições interventoras/idealizadoras dessas iniciativas.

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos de bombeamento, Semiárido Brasileiro, Arranjos institucionais.

1. INTRODUÇÃO

A região Semiárida brasileira, Fig. 1, é caracterizada pela escassez hídrica e pelo baixo índice de desenvolvimento humano, em contrapartida, apresenta um grande potencial de recursos hídricos subterrâneos subaproveitados. Assim, são necessárias tecnologias apropriadas para obter esse essencial líquido, especialmente em localidades desprovidas do fornecimento de energia elétrica. Neste contexto, os sistemas fotovoltaicos de bombeamento (SFBS) apresentam-se com grande potencial para suprir essa demanda, sendo uma alternativa tecnicamente confiável e eficaz para o abastecimento de água.

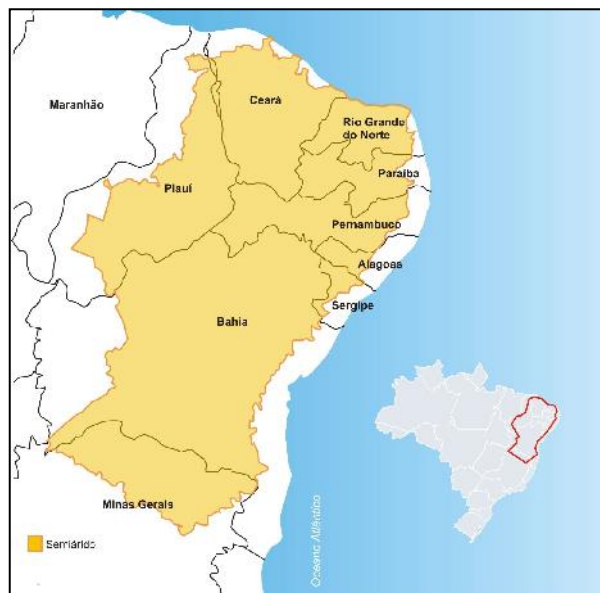


Figura 1 – Região do Semiárido brasileiro. Fonte: (Agência Nacional de Águas, ANA / Ministério da Integração, MI).

Ao longo das últimas décadas, no Brasil e no Mundo, foram materializados milhares de projetos destinados ao abastecimento de água em comunidades rurais utilizando esses sistemas. No entanto, observa-se que muitos desses empreendimentos não lograram êxito, em grande parte, por falhas nos mecanismos de gestão. Isso ocorre principalmente após a saída dos agentes interventores/executores do projeto, que, em geral, estão associados a

instituições de pesquisa ou a projetos assistenciais promovidos por entidades governamentais e não governamentais e/ou de colaboração internacional. Verifica-se que enquanto essas instituições realizam a supervisão desses projetos o sucesso é maximizado, entretanto, quando o recurso financeiro acaba e as instituições deixam de prestar assistência às comunidades, esses empreendimentos tendem a fenececer. Como consequência disso, ocorre a perda de credibilidade nessa tecnologia.

Assim como na eletrificação rural descentralizada, não existe um modelo único que garanta o sucesso de empreendimentos de abastecimento comunitário de água por meio de SFBs. Cada localidade possui uma realidade própria. A dinâmica e os anseios de suas populações variam consideravelmente mesmo em locais próximos. Segundo Foster (1964), não existem duas comunidades iguais. Assim, não considerar as peculiaridades locais e processos adequados de introdução e manutenção da nova tecnologia desde a concepção do projeto aumenta significativamente as chances de fracasso de um empreendimento (Fedrizzi *et al.*, 2009). “Elementos relacionados aos aspectos sociais e humanos, como a gestão, a capacitação, ou ainda o conhecimento da comunidade e suas necessidades, são amplamente negligenciados, o que resulta, normalmente, no fracasso dos projetos” (Seifer, 2012: 100).

Várias experiências mostram como tecnologias energéticas bem consolidadas, como a solar fotovoltaica, não atingem níveis satisfatórios de sucesso em contextos rurais. Dentre os principais motivos, segundo Lorenzo *et al.* (2005), estão: não considerar questões intrínsecas à dinâmica da população local, como a adaptação tecnológica à realidade local e às formas alternativas de abastecimento pré-existentes. Portanto, não existem soluções padronizadas. Nesse sentido, mais importante do que o tipo de tecnologia é o respeito às especificidades locais na hora de conceber, implantar e manter os sistemas.

A elaboração e instalação de projetos que incluam novas tecnologias, dentro do possível, deve ser realizada por uma equipe interdisciplinar em todas as fases do projeto, para que haja uma otimização da satisfação dos usuários de modo a permitir uma melhor adaptação à nova tecnologia e uma maximização das chances de sucesso (Fedrizzi *et al.*, 2009). Também é importante estabelecer, desde o início do projeto, quem será responsável pelo funcionamento, manutenção e substituição de equipamentos, uma vez que a não consideração de uma política adequada de gestão da nova tecnologia poderá resultar no insucesso do empreendimento.

Levando em consideração estas questões, o presente trabalho, baseado em pesquisas de campo, discute a importância dos arranjos institucionais na ampla difusão dessa tecnologia de acesso à água no Semiárido brasileiro.

2. O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES NA DIFUSÃO DE SFBs NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE

É de fundamental importância o papel das instituições, sejam elas públicas ou privadas, na difusão de tecnologias de acesso à água em comunidades dispersas de países em desenvolvimento. No Brasil, especialmente na região Semiárida, esse aspecto foi analisado e discutido nesse trabalho com base em pesquisas de campo, sendo apresentado a seguir:

2.1 Metodologia da pesquisa

O levantamento de dados sobre os SFBs implantados no Semiárido brasileiro consistiu na identificação dos empreendimentos dos principais projetos/iniciativas, elencando os pontos positivos e negativos de cada um. A coleta dessas informações deu-se de forma exploratória, por meio de pesquisa bibliográfica, visitas e entrevistas realizadas com os principais atores envolvidos nos projetos. A pesquisa de campo foi realizada em algumas localidades rurais do Semiárido onde existem SFBs instalados. Como pode ser observado na Tab. 1, entre os anos de 2010 e 2014 foram pesquisados/visitados 34 SFBs, em 17 municípios do Semiárido situados em cinco estados nordestinos (Piauí, Ceará, Pernambuco, Alagoas e Sergipe).

Tabela 1 – Quantidade de SFBs pesquisados por estado e instituição promotora.

Instituições ou Projetos	Estados	Nº de SFBs pesquisados	Potência (kWp)
PRODEEM	Piauí	3	1,0
IDER	Ceará	2	1,8
Instituto Agropolos	Ceará	1	0,4
Ecoengenho	Alagoas	1	1,6
Instituto Xingó	Sergipe/Alagoas	1	1,2
FUNDHAM	Piauí	4	1,4
FUNDED/PRODEEM	Piauí	1	0,5
Diocese de Floriano	Piauí	6	2,8
Instituto Piauí Solar	Piauí	1	1,2
Prefeituras Municipais	Piauí	1	0,6
Sistemas particulares	Piauí	3	0,5
NAPER	Pernambuco	4	0,5
Celpe (P&D)	Pernambuco	6	7,8
TOTAL		34	21,3

Após a identificação das iniciativas foram realizados contatos (telefônicos ou por e-mail) para o agendamento de visitas aos locais de instalação e para dialogar com os agentes executores e com a população beneficiada. Foram aplicados questionários apropriados a fim de orientar as entrevistas e possibilitar a tabulação dos resultados. Esses questionários foram estruturados de forma a coletar informações gerais básicas da comunidade, sobre o uso da água e dos SFBs. Além disso, buscou-se identificar possíveis problemas técnicos na instalação e na gestão desses sistemas que viessem a comprometer o sucesso dos empreendimentos. A opinião dos usuários ocupou um papel de destaque na análise das informações coletadas. Em cada uma das 34 comunidades pesquisadas buscaram-se usuários dos SFBs para a realização das entrevistas, as quais eram orientadas pelos questionários, mas transcorriam de forma dialogada, sendo gravadas por dispositivo de áudio.

Durante a visita procurou-se reconhecer a percepção dos atores locais, de forma a fazer um diagnóstico da situação dos sistemas, tendo em vista sua autonomia e sustentabilidade ao longo do tempo, levando em consideração peculiaridades locais. De posse dos dados e informações encontradas ao longo da pesquisa, foi realizada uma sistematização para a análise e discussão dos resultados. Desta forma, tabelas e gráficos foram construídos visando estabelecer correlações relevantes (Moraes, 2015).

2.2 Discussão dos principais resultados identificados

A análise dos projetos pesquisados mostrou uma grande variedade de iniciativas e instituições que utilizaram a tecnologia fotovoltaica para o acesso à água em comunidades rurais dispersas no Semiárido brasileiro, tanto para uso doméstico quanto para fins produtivos. Observou-se a existência de múltiplas barreiras ao sucesso desses empreendimentos, por outro lado diversos pontos positivos também foram identificados. Um deles refere-se ao importante papel das instituições idealizadoras/executoras que podem ser determinantes no sucesso desses empreendimentos. Essas instituições podem ser classificadas basicamente em quatro tipos: especializadas locais, consolidadas, temporais especializadas e ocasionais, conforme Tab. 2.

Tabela 2 – Características das instituições que interagem na implantação de SFBs.

Tipo de instituição	Características
Especializadas locais	<ul style="list-style-type: none"> - Atuam na região de maneira assídua e constante; - Possuem equipe técnica especializada na implantação e manutenção de sistemas fotovoltaicos; - Possuem infraestrutura logística para realização de trabalhos em campo; - Realizam, em geral, processo de transferência tecnológica;
Consolidadas	<ul style="list-style-type: none"> - Atuam na região de implantação dos projetos durante muito tempo, conhecendo bem a sua realidade e necessidades; - Contam com logística necessária para trabalhos em campo, mas não possuem equipe especializada em sistemas fotovoltaicos;
Temporais Especializadas	<ul style="list-style-type: none"> - Atuam na região de forma esporádica, conforme projetos temáticos; - Embora apresentem equipe técnica especializada na área fotovoltaica não contam com a logística necessária para trabalhos em campo por períodos longos; - Possuem sua sede, em geral, localizada nas capitais dos estados, distantes da aplicação dos projetos; - Realizam, em geral, processo de transferência tecnológica.
Ocasionais	<ul style="list-style-type: none"> - Atuam na região de forma esporádica, ocasionalmente conforme projetos temáticos; - Não possuem logística necessária para trabalhos em campo por períodos longos e nem equipe técnica especializada na aplicação fotovoltaica; - Possuem sua sede, em geral, localizada nas capitais dos estados, distantes da aplicação dos projetos;

A grande maioria dos projetos visitados foram executados por instituições temporais especializadas que possuem equipe técnica especializada na aplicação fotovoltaica, porém, como suas sedes são localizadas nas capitais dos estados, distantes da aplicação dos projetos, não contam com a logística necessária para trabalhos em campo por períodos longos. Devido à localização dispersa das comunidades, o processo de manutenção corretiva além de oneroso pode ser demorado, provocando sérias consequências a essas populações. Além disso, após o término dos recursos financeiros dos projetos essas instituições deixam de atuar na região. Assim, é salutar a realização de parcerias com instituições consolidadas e especializadas locais, que além de conhecerem a realidade local, podem apoiar na manutenção e assistência técnica aos usuários.

As experiências idealizadas e executadas pelo Núcleo de Apoio a Projetos de Energias Renováveis (NAPER), no Semiárido pernambucano, são exemplos de parcerias exitosas entre uma instituição temporal especializada e uma instituição consolidada – a Diaconia. Durante a vigência dos projetos, foram treinadas equipes locais para realização de reparos e substituição de equipamentos relacionados à tecnologia fotovoltaica. Observaram-se, nesses empreendimentos, uma maior vida útil dos sistemas e uma melhor apropriação da tecnologia pelos usuários.

No Piauí, no Projeto Água no Berço do Homem Americano (ABHA) foi possível observar que a Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM), instituição consolidada, embora não tenha uma equipe técnica especializada em aplicações da tecnologia fotovoltaica, apostou no aproveitamento do grande potencial energético solar da região para o abastecimento de água da população rural (Moraes e Morante, 2009; Moraes *et al.*, 2012). Para contornar essa importante questão, contratou uma empresa local que fez as instalações e prestou serviços de manutenção aos 5 sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água enquanto o projeto estava vigente (Fig. 2).



Figura 2 - Gerador fotovoltaico e reservatório do sistema de bombeamento de água na comunidade Garrincha, Serra da Capivara, PI.

Este projeto e outros que podem surgir no futuro com o objetivo de atenuar a falta de água na região conduzem ao reforço ou à criação de uma área especializada no uso da tecnologia fotovoltaica na própria instituição. Caso a FUMDHAM não deseje intensificar este tipo de ação, existe a possibilidade de transferir sua responsabilidade a uma instituição especializada. Todavia, caso isso não ocorra, esses sistemas tendem ao abandono após apresentarem as primeiras avarias, especialmente na motobomba. Sabe-se que a maior parte da população envolvida, nesse projeto, não dispõe de recursos financeiros para realizar a substituição da motobomba, importada e de alto custo.

Ainda no Piauí, verificou-se, no município de Floriano, a atuação de uma instituição consolidada, a Diocese de Floriano, que através de uma parceria com uma instituição de cooperação internacional possibilitou o treinamento de técnicos locais para a realização de serviços de manutenção e instalação de novos sistemas. O diferencial nesse projeto está no estabelecimento, em algumas comunidades, de uma cota mensal entre os usuários dos SFBs para a realização de futuros reparos nos sistemas. Assim, a comunidade terá condições de solicitar um técnico local capacitado quando o SFB apresentar algum problema. Isso possibilita uma maior autonomia da comunidade, maximizando o sucesso do empreendimento. A Fig. 3 mostra um destes sistemas.



Figura 3 - SFB na comunidade Poço do Peixe, Município de Floriano - PI.

Nos estados do Ceará e Alagoas, as instituições Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis (IDER) e Ecoengenh, embora apresentem equipe técnica especializada na aplicação fotovoltaica, não contam com a logística necessária para trabalhos em campo permanentemente. Atuam na região de forma esporádica, ocasionalmente, conforme o desenvolvimento dos projetos. Isso ocorre em razão dessas instituições estarem situadas nas capitais dos referidos estados, distante dos locais de aplicação dos projetos. Caracterizam-se, portanto, como instituições temporais especializadas. É conveniente frisar o importante legado que essas instituições deixaram nos seus estados com uma

ampla variedade de ações realizadas na aplicação de tecnologias energéticas apropriadas, todavia, verificou-se, em alguns projetos analisados, a dificuldade das populações em manter os seus sistemas após a saída do agente interventor. Isso reforça ainda mais a necessidade de realizar parcerias com instituições locais, capacitando mão de obra especializada e a criação de um fundo financeiro para possibilitar futuros reparos.

No projeto da Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) visitado foi contratada uma empresa e realizada uma parceria com uma instituição de pesquisa especializada para possibilitar a implantação dos SFBs. A utilização de uma nova configuração que permite o uso de motobombas convencionais de origem nacional utilizando conversores de frequência é um ponto forte e promissor do projeto (Brito, 2006). Essa iniciativa, além de baratear custos, deve facilitar a manutenção e substituição desse equipamento, grande vilão da durabilidade dos projetos. Neste caso, os técnicos instaladores de sistemas de bombeamento convencionais do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), do município de Serra Talhada, participaram de curso teórico-prático em sistemas de bombeamento fotovoltaico e estão capacitados a realizar manutenção preventiva e corretiva, bem como substituir equipamentos.

A Fig. 4 ilustra a classificação das instituições que tiveram seus projetos visitados nessa pesquisa. Observa-se que as instituições classificadas como ocasionais são as concessionárias de distribuição de energia elétrica. Isso deve-se, dentre outros motivos, a suas atuações, na região, em projetos dessa natureza de forma esporádica, ocasionalmente conforme o desenvolvimento dos projetos. Não possuem equipe técnica especializada na aplicação fotovoltaica de bombeamento. Além disso, suas sedes estão localizadas na capital dos respectivos estados, distantes dos locais de aplicação. Mesmo em projetos desenvolvidos por instituições ocasionais as chances de sucesso podem aumentar quando realizam parcerias com instituições consolidadas ou especializadas locais. Considera-se o sucesso de um empreendimento dessa natureza quando permite a autonomia da comunidade e apropriação tecnológica, mesmo após a saída da entidade executora/interventora do projeto, permitindo reais benefícios ao bem-estar dessas populações (Seifer, 2012).

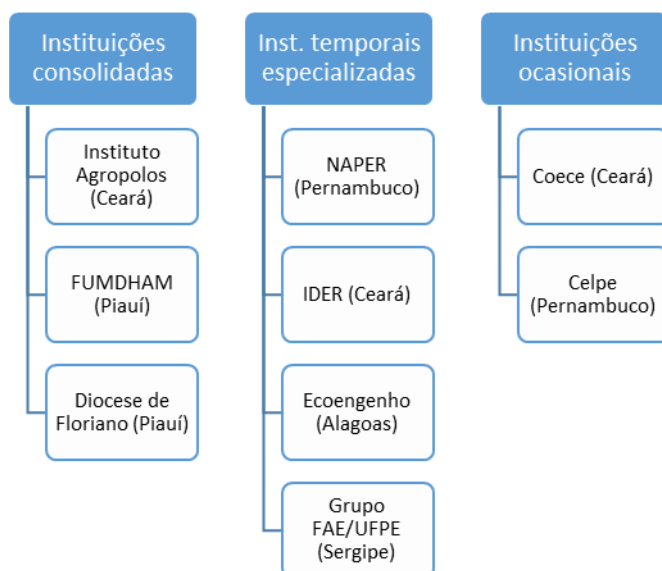


Figura 4 – Classificação das instituições promotoras dos projetos pesquisados.

Outro ponto importante que pode maximizar as chances de sucesso e que foi observado em alguns projetos refere-se ao processo de transferência tecnológica, incluindo a capacitação dos usuários, técnicos locais e a implantação de um sistema de gestão dos sistemas. Nos casos onde esse processo ocorreu satisfatoriamente, a apropriação da tecnologia pelos usuários possibilitou uma maior autonomia dessas populações e os sistemas continuaram em operação por um período mais longo, mesmo após a saída das instituições interventoras.

A existência, em algumas regiões, de técnicos locais capacitados para atuar na manutenção de sistemas fotovoltaicos é outro ponto positivo observado. Além disso, os sistemas de uso familiar apresentaram maior sucesso do que aqueles de uso comunitário, devido à dificuldade dessas populações em realizar ações coletivamente. Em especial, os pequenos sistemas de uso produtivo utilizados familiarmente foram os que lograram melhores resultados e possibilitaram maior independência após a saída do interventor, apresentando melhorias na renda e na qualidade de vida dos pequenos agricultores. Para isso, foi fundamental o apoio das instituições locais na assistência técnica agrícola e na comercialização dos produtos.

A utilização de produtos agrícolas com alto valor agregado é um ponto de destaque nos projetos pesquisados e que pode ser replicado para outras regiões. Sabe-se que a grande maioria dos moradores dessas regiões possuem baixa escolaridade e pouco treinamento em técnicas de produção agrícola diferentes das tradicionais. Essa realidade ratifica ainda mais o importante papel das instituições locais na formação e mudanças de paradigmas nessas comunidades rurais do Semiárido brasileiro.

Tudo isso ajuda a corroborar a hipótese de pesquisa sobre a importância dos arranjos institucionais na ampla difusão dessa tecnologia de acesso à água no Semiárido brasileiro. Além disso, ressalta a importância do planejamento de ações que tornem os projetos mais independentes após a saída das instituições interventoras/idealizadoras dessas iniciativas.

2.3 Principais aspectos positivos e negativos observados nos projetos pesquisados

Para uma melhor comparação entre as experiências estudadas, a Tab. 3 apresenta um resumo dos principais aspectos positivos e negativos observados nos projetos pesquisados, os quais estão agrupados por instituições promotoras.

Tabela 3 – Principais aspectos positivos e negativos observados nos projetos pesquisados.

Instituições promotoras	Principais aspectos positivos	Principais aspectos negativos
Experiências do IDER (Ceará)	<ul style="list-style-type: none"> - Instituição promotora com experiência na aplicação da tecnologia solar fotovoltaica; - Realização de processo de transferência tecnológica com treinamento com os usuários; - Realização de treinamentos e acompanhamento agrícola no âmbito do projeto; - Utilização de técnicas diferenciadas de plantio (técnicas agroecológicas e cultivo protegido). 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mão de obra especializada local para realização de serviços de manutenção nos SFB; - Sede da instituição promotora localizada na capital do estado, distante dos locais de aplicação do projeto; - Dificuldade em encontrar peças para reposição no mercado local; - Problemas no desenvolvimento dos projetos de uso produtivo coletivamente; - Furto de equipamentos; - Falta de autonomia das comunidades para manter os sistemas após o fim dos recursos dos projetos.
Experiências do Instituto Agropolos (Ceará)	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de treinamentos e acompanhamento agrícola no âmbito do projeto; - Utilização de técnicas diferenciadas de plantio (técnicas agroecológicas e cultivo protegido). 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mão de obra especializada local para realização de serviços de manutenção nos SFBs; - Sede da instituição promotora localizada na capital do estado, distantes dos locais de aplicação do projeto; - Não realização de um processo de transferência tecnológica; - Dificuldade em encontrar peças para reposição no mercado local.
Experiência da Coelce (Ceará)	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptação da tecnologia à realidade local; - Utilização de técnicas diferenciadas de plantio (técnicas agroecológicas e cultivo protegido). 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mão de obra especializada local para realização de serviços de manutenção nos SFBs; - Ausência de assistência técnica e de ações de extensão rural e não realização de um processo de transferência tecnológica; - Dificuldade em encontrar peças para reposição no mercado local; - Falta de autonomia das comunidades para manter os sistemas após o fim dos recursos dos projetos.
Projeto ABHA FUMDHAM (Piauí)	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de empresa especializada e técnicos locais especializados na implantação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Padronização dos sistemas e não realização de um processo de transferência tecnológica; - Falta de assistência técnica e extensão rural nos sistemas utilizados para fins produtivos; - Falta de autonomia das comunidades para manter os sistemas após o fim dos recursos dos projetos.
Experiências da Diocese de Floriano (Piauí)	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de técnicos locais especializados na manutenção de sistemas fotovoltaicos. - Em algumas comunidades foi criado um fundo financeiro para possibilitar manutenções futuras dos sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em encontrar peças para reposição no mercado local; - Falta de assistência técnica e extensão rural nos sistemas utilizados para fins produtivos; - Falta de autonomia das comunidades para manter os sistemas após o fim dos recursos dos projetos.
Projeto P&D Celpe (Pernambuco)	<ul style="list-style-type: none"> - Como se trata de um projeto de pesquisa e desenvolvimento, vários aspectos são analisados quanto ao grau de confiabilidade técnica dos sistemas fotovoltaicos em condições de uso; - Utilização de uma nova configuração que permite o uso de motobombas nacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> - O uso do conversor de frequência adiciona mais complexidade ao sistema; - Sede das instituições promotoras/executoras do projeto localizadas distante do local de instalação do SFB; - Falta de autonomia das comunidades para manter os sistemas após o fim dos recursos dos projetos.
Experiências do NAPER (Pernambuco)	<ul style="list-style-type: none"> - Instituição promotora com experiência na aplicação da tecnologia solar fotovoltaica; - Utilizaram-se pequenos sistemas para irrigação 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em encontrar peças para reposição no mercado local; - Sede da instituição promotora localizada na capital

	na agricultura familiar e realizou-se processo de transferência tecnológica com apoio de instituições locais.	do estado, distante do local de instalação dos SFBs.
Experiências Ecoengenho (Alagoas)	<ul style="list-style-type: none"> - Instituição promotora com experiência na aplicação da tecnologia solar fotovoltaica; - Realização de processo de transferência tecnológica e utilização de outras tecnologias renováveis energéticas; - Projetos trouxeram melhorias na renda e na qualidade de vida dos pequenos agricultores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mão de obra especializada local para realização de serviços de manutenção nos SFBs; - Dificuldade em encontrar peças para reposição de mercado local; - Sede da instituição promotora do projeto localizada na capital do estado, distante do local de instalação dos SFBs.
Experiências Grupo FAE/UFPE (Sergipe)	<ul style="list-style-type: none"> - Instituição promotora com experiência na aplicação da tecnologia solar fotovoltaica; - Utilização de uma nova configuração que permite o uso de motobombas nacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Instituição promotora do projeto localizada na capital do estado do Pernambuco, muito distante do local de instalação do SFB; - O uso do conversor de frequência adiciona mais complexidade ao sistema; - Dificuldade em encontrar peças para reposição no mercado local.

Fonte: Moraes, 2015

Como pode-se constatar, de acordo com os aspectos positivos e negativos observados nos projetos analisados, o problema do acesso à água em localidades rurais do Semiárido brasileiro vai muito além da simples extração. Fica claro que para maximizar o sucesso dos empreendimentos, no processo de introdução de uma nova tecnologia de acesso à água deve-se considerar, antes de mais nada, a continuidade do fornecimento ao longo do tempo, o que implica em resolver a gestão do sistema como um todo. E para resolver a gestão há a necessidade de se conhecer as peculiaridades locais e institucionais de cada situação (Lorenzo *et al.*, 2005).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, através desta pesquisa, o grande potencial da tecnologia fotovoltaica no acesso à água em comunidades rurais dispersas do Semiárido brasileiro. Diversas iniciativas possibilitaram a disponibilidade hídrica tanto para uso doméstico quanto para fins produtivos. Em geral, todos os projetos pesquisados tiveram importantes impactos positivos durante o tempo em que se mantiveram em operação.

A opção fotovoltaica para o acesso à água potável em regiões semiáridas apresenta-se bastante consolidada e competitiva, com elevado grau de confiabilidade técnica. Porém, experiências demonstram que muitos empreendimentos dessa natureza não obtêm êxito, deixando de funcionar ainda nos primeiros anos após sua implantação. Não considerar as peculiaridades locais e os processos adequados de introdução da nova tecnologia, bem como mecanismos apropriados de manutenção e gestão dos sistemas são apontados como principais entraves ao sucesso de empreendimentos de abastecimento de água no meio rural através de sistemas fotovoltaicos.

Vários são os problemas identificados na pesquisa que assolam as iniciativas destinadas ao acesso à água através de sistemas fotovoltaicos no Semiárido brasileiro. Alguns são inerentes a aspectos da introdução de nova tecnologia e outros são mais genéricos, dentre eles destaca-se: substituição das motobombas; manutenção dos sistemas e ausência de mão de obra especializada; dificuldades de intercâmbio de informações e dimensionamento dos sistemas; planejamento, gestão e financiamento dos projetos; dificuldade no desenvolvimento de projetos produtivos comunitários; instituições executoras distantes dos locais de aplicação dos projetos; qualidade da água (salinidade); aspectos socioculturais.

Todas essas constatações apontam que as iniciativas realizadas no Semiárido brasileiro não propiciaram condições adequadas para uma ampla difusão dessa tecnologia como alternativa apropriada para o acesso à água em comunidades rurais dispersas por falhas nos arranjos institucionais, na sua implantação e gestão, especialmente por não considerarem formas de possibilitar a autonomia dessas comunidades após a saída dos agentes interventores.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece o apoio financeiro na forma de bolsa de estudo da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Federal do ABC pelo apoio no trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

- Brito, A. U., 2006. Otimização do acoplamento de geradores fotovoltaicos a motores de corrente alternada através de conversores de frequência comerciais para acionar bombas centrífugas, Tese de doutorado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Fedrizzi, M. C. Ribeiro, F. S. Zilles, R., 2009. Lessons from field experiences with photovoltaic pumping systems in traditional communities, *Energy for Sustainable Development*, vol. 13, pp. 64-70.

- Foster, G. M., 1964. As culturas tradicionais e o impacto da tecnologia. São Paulo: Editora Fundo de Cultura.
- Lorenzo, E. P. Poza, F. S. Fedrizzi, M. C. Zilles, R. Mohamed, A. Saadia, Z., 2005. Boas práticas na implantação de sistemas de bombeamento fotovoltaico. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 1ª edição, 56 p.
- Moraes, A. M.; Morante, F., 2009. Aplicações da tecnologia solar fotovoltaica no Território Serra da Capivara, Estado do Piauí, Eighth Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission – VIII CLAGTEE; Ubatuba – São Paulo.
- Moraes, A. M.; Morante, F.; Fedrizzi, M. C., 2012. Bombeamento fotovoltaico no semiárido piauiense, projeto água no berço do homem americano, IV Congresso Brasileiro de Energia Solar – IV CBENS; São Paulo.
- Moraes, A. M., 2015. A difusão do acesso à água com sistemas fotovoltaicos de bombeamento no Semiárido brasileiro, Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Energia da Universidade Federal do ABC, Santo André.
- Seifer, P., 2012. Gestão de projetos de microssistemas de geração e distribuição de energia elétrica: procurando seu sucesso e sustentabilidade, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade Federal do ABC, Santo André.

THE ROLE OF INSTITUTIONS IN PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS FOR DISSEMINATION IN THE BRAZILIAN SEMIARID

Abstract. *The use of photovoltaic systems for water supply in scattered rural communities is a consolidated and competitive alternative with a high degree of technical reliability. However, it was observed that the initiatives undertaken in the Brazilian semiarid using photovoltaic pumping systems did not provide adequate conditions for a wide diffusion of this technology as an alternative for access to water due to the institutional arrangements used in its deployment and management. This study is based on field research and discusses the importance of institutional arrangements to better dissemination of this water access technology in the Brazilian semiarid. In addition, it exalts the importance of planning actions that make them independent projects following the departure of the intervening institutions / creators of these initiatives.*

Key words: *Photovoltaic Pumping Systems, Brazilian semiarid , institutional arrangements*