

# USO DE ENERGIA SOLAR NA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE PARA IRRIGAÇÃO DE ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR: fase II<sup>1</sup>

USE OF SOLAR ENERGY IN THE PRODUCTION OF ELECTRIC POWER FOR IRRIGATION OF FAMILY FARMING AREAS: phase II

Kelly Cristiane Gomes<sup>1</sup>

Universidade Federal da Paraíba

Zaqueu Ernesto da Silva<sup>2</sup>

Universidade Federal da Paraíba

José Felix da Silva Neto<sup>3</sup>

Universidade Federal da Paraíba

Roseilton Fernandes dos Santos<sup>4</sup>

Universidade Federal da Paraíba

## RESUMO

O Projeto<sup>5</sup> ‘Uso de Energia Solar na Produção de Eletricidade para Irrigação de Áreas de Agricultura Familiar: Fase II’, trata da continuação da ação de extensão iniciada em 2014, cujo objetivo é o uso de fontes renováveis de energia solar fotovoltaica, como meio de suprir a demanda de energia elétrica utilizada na irrigação do plantio de culturas de subsistência. Nesta ação de extensão são abordados o uso

---

<sup>1</sup> Professora Adjunta do Centro de Energias Alternativas e Renováveis-CEAR, da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: [gomes@cear.ufpb.br](mailto:gomes@cear.ufpb.br)

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Centro de Energias Alternativas e Renováveis-CEAR, da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: [zaqueu@cear.ufpb.br](mailto:zaqueu@cear.ufpb.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Centro de Energias Alternativas e Renováveis-CEAR, da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: [josefelix@cear.ufpb.br](mailto:josefelix@cear.ufpb.br)

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias - CCA, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus Areia. E-mail: [roseilton\\_santos@yahoo.com.br](mailto:roseilton_santos@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Demais colaboradores (alunos, autores e mais) desse artigo: Alex Santos de Deus; Jéssica Felipe do Nascimento; Rafaela Ramos Barbosa

de painéis fotovoltaicos, avaliação da eficiência da irrigação com este método de energia e o sistema de irrigação via aspersores, caracterização do solo, caracterização da água utilizada e os impactos advindos das culturas, bem como os impactos na região trabalhada. A importância e justificativa da continuidade do projeto se dá devido à agricultura familiar desempenhar um importante papel na economia e sociedade brasileira. No entanto, a produção familiar somente é viável e rentável desde que se adotem tecnologias de forma racional e organizada de maneira que seus produtos possam competir com os dos grandes produtores. Desta forma, a continuidade do projeto se torna uma importante ferramenta para redução dos custos do processo de produção dos pequenos agricultores, visto se tratar de uma forma de energia barata e de fonte perene. O objetivo principal desta ação de extensão é apresentar à população de vários Municípios a possibilidade de uso da energia solar de fonte renovável. Como resultados desta ação espera-se o empoderamento e difusão desses conhecimentos e da tecnologia adotada pela comunidade de forma continuada, bem como uma avaliação do impacto causado pela ação de extensão e sua disseminação.

**Palavras-chave:** Energia Solar; Painel Fotovoltaico; Irrigação.

## ABSTRACT

The Project 'Use of Solar Energy in the Production of Electricity for Irrigation of Family Farming Areas: Phase II', deals with the continuation of the extension action started in 2014, whose objective is the use of renewable sources of photovoltaic solar energy, as a means of meet the demand for electrical energy used in irrigation for planting subsistence crops. This extension action covers the use of photovoltaic panels, evaluation of the efficiency of irrigation with this energy method and the irrigation system via sprinklers, soil characterization, characterization of the water used and the impacts arising from crops, as well as the impacts on region worked. The importance and justification for continuing the project is due to family farming playing an important role in the Brazilian economy and society. However, family production is only viable and profitable as long as technologies are adopted in a rational and organized way so that their products can compete with those of large producers. In this way, the continuity of the project becomes an important tool for reducing the costs of the production process for small farmers, as it is a form of

cheap energy and a perennial source. The main objective of this extension action is to present to the population of several municipalities the possibility of using solar energy from a renewable source. The results of this action are expected to be the empowerment and dissemination of this knowledge and the technology adopted by the community on an ongoing basis, as well as an assessment of the impact caused by the extension action and its dissemination.

**Keywords:** Solar energy; Photovoltaic panel; Irrigation.

## INTRODUÇÃO

A grande dependência de recursos energéticos da sociedade moderna é bem conhecida. O crescimento vertiginoso da população mundial pode levar a desequilíbrios ambientais, econômicos e sociais, se não existir uma resposta adequada no fornecimento continuado de recursos energéticos que satisfaça essas necessidades. Atualmente, a maior parte da produção de energia baseia-se na utilização de combustíveis fósseis não renováveis tais como petróleo, gás natural e carvão. A queima de combustíveis fósseis, além de levar ao esgotamento desses recursos, aumenta a emissão de  $\text{CO}_2$  que conduz às conhecidas alterações climáticas globais. Assim, um dos principais desafios da ciência é conseguir encontrar fontes alternativas de energias renováveis e de baixo custo.

As constantes transformações tecnológicas ocorridas neste início de século exigem avanços equivalentes no desenvolvimento de novas formas de se trabalhar e na produção da agricultura familiar. Desta forma, é necessária a busca por novas fontes de energia que auxiliem no desenvolvimento da produção das culturas e possibilitem a inserção dos pequenos agricultores no cenário do mercado, seja regional, estadual ou mesmo nacional. Assim, uma possibilidade de melhoria na sua produção baseia-se na minimização dos seus custos no tocante ao consumo de energia elétrica envolvida na produção agrícola.

Uma das alternativas viáveis é a aplicação de energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica para o bombeamento da irrigação das áreas. A energia solar fotovoltaica é aquela obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade, sendo a potência solar instantânea que incide em determinado ponto, medida  $\text{W.m}^2$  (potência/área) e o total desta energia em um dia que atinge este ponto geralmente

é medida em kWh.m<sup>2</sup>. dia (energia/área/dia). No entanto, esta disponibilidade varia de acordo com as estações do ano (mínimo no inverno e máximo no verão) e com o clima do local (BENEDUCE,1999; GALDINO, 2003).

Módulos fotovoltaicos são dispositivos normalmente produzidos a partir de material semicondutor de silício que quando expostos à radiação solar, funcionam como geradores de energia elétrica em um princípio físico denominado efeito fotovoltaico (foto=luz; volt=eletricidade). A conversão é direta e a energia luminosa é transformada em energia elétrica em corrente contínua (CC). A real capacidade de geração de energia dos módulos fotovoltaicos varia diretamente com a luminosidade incidente e inversamente com o aumento da temperatura, sendo a potência produzida expressa em Watts (W). Assim, em dias de céu limpo, poderá atingir até 60% de aproveitamento e em dias totalmente nublados deverá ser menor que 10% da luz incidente. Por outro lado, o aumento da temperatura nas células diminui a corrente gerada nos módulos (SOLAR BRASIL, 2003; GALDINO, 2003).

Por outro lado, a agricultura familiar desempenha um papel importante na economia e sociedade brasileira. Ela representa 35% do total nacional, envolvendo 75% dos estabelecimentos, 255 das terras cultivadas e reunindo cerca de 14 milhões de pessoas. No entanto, a produção familiar somente é viável e rentável desde que se adotem tecnologias de forma racional e organizada que, comprovadamente, têm sido o melhor caminho para manter ou tornar os produtos familiares competitivos (GASTAL et al 1997). Atentas a esse segmento da agricultura brasileira, instituições governamentais vêm fomentando a adoção de novas tecnologias que possam ser utilizadas por essas classes de produtores e que estejam integradas à teoria do desenvolvimento sustentável, a exemplo da luz solar como fonte alternativa de energia utilizando-se de sistemas solares fotovoltaicos no meio rural.

Mundialmente, o uso de energia solar para a geração de eletricidade vem tomando impulsos e se popularizando cada vez mais em virtude de sua confiabilidade, versatilidade, durabilidade e baixo custo de operacionalização (DIEQUEZ, 2001). O Brasil, que tem em torno de 95% de seu território na região intertropical do planeta e dimensões continentais, é considerado uma potência em termos de recursos naturais, principalmente o semiárido nordestino, onde esta fonte energética vem

possibilitando a integração de considerável população, antes isolada ou impossibilitada de usufruir de qualquer outra fonte de energia, aos benefícios da vida moderna (ANTUNES; RIES, 1998).

Vários programas vêm sendo executados mediante parcerias entre instituições públicas e privadas, sempre visando prover diversas comunidades da região de serviços básicos, como: iluminação de casas, escolas, creches, abastecimento de água e, sobretudo, para o bombeamento de água na pequena irrigação de espécies frutíferas (BENEDUCE, 1999; IDER, 2003). Contudo, apesar de o Brasil, e especialmente o Nordeste brasileiro, estar entre as maiores regiões do mundo em incidência de radiação solar, essa forma de energia ainda é pouco aproveitada na matriz energética nacional, a ponto de não ser sequer citada no Balanço Energético Nacional, edição 2008 a ANEEL (2008) nem evidenciada de forma relevante na edição de 2013 (EPE, 2013). Sendo assim, se torna imprescindível a popularização desta forma de energia em nosso país, partindo principalmente dos setores de pesquisa, na busca por uma maior acessibilidade às tecnologias ligadas ao aproveitamento da energia solar.

Desta forma, considerando que o sertão paraibano sempre foi caracterizado pelo elevado potencial para uso de energia solar e, baseada em metodologias que ingressam conjuntamente os princípios da rentabilidade e não agressão ao meio ambiente, a Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) desenvolveu unidades-piloto com energia solar (UPES) na pequena irrigação das frutíferas: banana, goiaba, graviola e maracujá; e consorciadas com culturas de subsistência. A UPES com frutíferas de ciclo curto e seus consórcios têm despertado o interesse de produtores considerando os resultados obtidos, já que a partir do terceiro ciclo de produção todos os custos de operacionalização e manutenção foram amortizados devido à inexistência de despesas com energia elétrica e versatilidade dos sistemas explorados, além do que no quarto ciclo apresentaram excelentes taxas de retorno econômico aos investimentos.

Esta alternativa tecnológica possibilitou o aproveitamento racional de poços amazonas e tubulares com vazões superiores a  $1.0000L.h^{-1}$  e de águas de superfície,

destacando-se como importante instrumento para a diversificação da oferta de energia limpa e renovável, bem como para elevação da renda e do nível tecnológico de pequenos irrigantes no semiárido paraibano.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal apresentar à população dos municípios de Mamanguape e Boqueirão uma tecnologia de baixo custo que pode vir a ser uma grande ferramenta para tornar a agricultura familiar ainda mais viável como meio de sobrevivência para esta população. Além disso, servirá também como um laboratório de campo para pesquisadores, técnicos e estudantes da UFPB iniciarem uma atuação mais incisiva nos domínios das fontes alternativas de energia, esse que é um dos maiores desafios da sociedade atual, haja vista a redução da quantidade de combustíveis fósseis disponíveis na natureza. Dentre os objetivos específicos, pode-se destacar o desenvolvimento e / ou adaptação de tecnologias apropriadas para pequenos agricultores familiares na perspectiva da geração de renda e da segurança alimentar e nutricional, através do resgate do conhecimento tradicional e promoção do uso sustentável dos recursos naturais das fontes de energias renováveis, considerando as realidades socioculturais, econômicas, políticas e ambientais dos agricultores no espaço rural. além destes, possibilitará uma maior integração entre a UFPB e a comunidade civil com a disseminação de conhecimentos técnicos e científicos.

## **METODOLOGIA**

Para uma melhor abordagem do tema, o projeto adotou a seguinte metodologia e avaliação:

### **1) Seleção das propriedades a serem trabalhadas na ação de extensão**

As propriedades foram selecionadas numa parceria entre Instituto de Desenvolvimento do Estado da Paraíba (IDEP-UFPB) e interesse da Comunidade Externa Civil. Desta forma foram selecionados os Municípios de Mamanguape e Boqueirão.

Figura 1: Georreferenciamento da área de Mamanguape onde está sendo desenvolvida a ação de extensão do PROEXT



Fonte: Google Maps, 2015

Figura 2: Georreferenciamento da área de Boqueirão onde está sendo desenvolvida a ação de extensão do PROEXT



Fonte: Google Maps, 2015

## 2) Cursos de Capacitação dos integrantes da equipe

Nesta etapa foram realizados cursos de capacitação dos integrantes da equipe de execução, tanto para fins de avaliação, seleção e dimensionamento dos painéis fotovoltaicos, bombas, inversores, estrutura, aprimoramento no AutoCAD, etc. Tais capacitações se fazem necessárias devido à possibilidade de transmitir estes conhecimentos para a população. No caso específico do AutoCAD, se faz necessário um aperfeiçoamento do programa gráfico para desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, para se poder realizar a fase da ação de extensão

destinada à digitalização dos levantamentos, confecção dos mapas e cartilhas a serem distribuídos com os moradores e proprietários das áreas.

Através dos levantamentos e sua respectiva digitalização, serão formados bancos de dados mais amplos através da associação com o georreferenciamento e que contribuirão para um conhecimento mais detalhado acerca das áreas onde está sendo realizada a ação de extensão, bem como desmarcar a área da plantação onde será efetivamente realizado o plantio da cultura, a localização onde serão realizadas a construção e localização do reservatório para armazenamento da água, a localização dos locais de distribuição das tubulações.

### **3) Abordagem sob a ótica do processo produtivo e socioeconômico da comunidade**

Nesta etapa foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema estudado, bem como realizadas visitas técnicas para aplicação de questionários e entrevistas estruturadas e semiestruturadas com os proprietários das áreas a serem trabalhadas na ação de extensão, bem como os moradores da área e do entorno com a finalidade de realizar um levantamento e diagnóstico das propriedades e da região antes da realização da ação de extensão. Além destes, foram realizadas visitas com o objetivo de levantar e acompanhar o processo produtivo das áreas, desde o plantio das culturas, os dias da irrigação, o período de coleta dos produtos, amostragem de solos para análises químicas e físicas, antes da ação, assim como avaliar os efeitos da irrigação controlada nas propriedades dos solos.

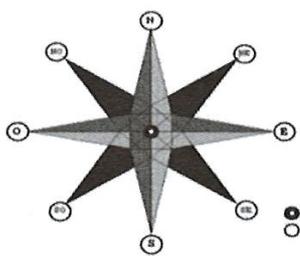
No caso específico das propriedades e características dos solos, foi utilizada a metodologia participativa de extensão rural para o desenvolvimento sustentável, tendo algumas avaliações sido realizadas nas áreas com os produtores seguindo uma caminhada nas suas respectivas áreas, com a finalidade conhecer a realidade, realizando coleta de amostras que auxiliou na identificação de algumas características do solo. Foram realizadas coletas de solos para análises química total e mineralogia, bem como química, física de rotina e fertilidade.

No tocante às análises químicas e mineralógicas foram coletadas amostras referentes às 02(duas) áreas de estudo com usos de Agricultura (Mamanguape e Boqueirão) e mais 02 (dois) pontos amostrais utilizados como referência, sendo um próximo a cada área de agricultura (Mata). Para a realização das análises foram

coletadas amostras compostas. As amostras representam diferentes posições no relevo, sendo coletadas em 02 (duas) profundidades (0-20 e 20-40 cm). Cada amostra composta foi oriunda da coleta de 09 (nove) amostras simples, distantes 5,0 m entre si, utilizando o conceito da rosa dos ventos utilizado por Lira (2013). As amostras foram coletadas e levadas para laboratório, onde foi realizada a preparação de amostras compostas.

Em laboratório, as amostras de solo foram secas ao ar, trituradas em almofariz e mão de grau, transmitidas em peneira de 200 Mesh e adicionadas em depósitos plásticos identificados por área de uso e profundidade. Na data do ensaio, as amostras foram secas em estufa por 1h antes da realização do ensaio. Esses foram prensados a 50KN/30 segundos formando pastilhas de 30 mm de diâmetro e 3mm de espessura para as análises químicas. As análises mineralógicas foram realizadas pela metodologia do pó. Os solos foram caracterizados quimicamente via Fluorescência de Raios -X em Sequential X-Ray Fluorescence Spectrometer, Modelo XRF-1800 da Shimadzu, sendo utilizada a varredura em vácuo com abertura de leitura de 30 mm na metodologia de análises quali-quantitativas de óxidos. Para as análises mineralógicas via difração de Raios-X foi utilizado um Difratorômetro D2 Phaser da Bruker, operando com radiação Cu Ka, 30kV e 10 mA, com varredura de 20 entre 5° e 50° com passo de 0,02°/s. A análise e identificação de fases foi obtida empregando o software PanalyticalX'Pert High Score.

Figura 3: Esquema de coleta de solo utilizando o conceito de rosa dos ventos



Ponto Georreferenciado  
Repetições dentro de cada área

Fonte: Lira, 2013

Já para as análises de química de rotina e fertilidade, as áreas foram subdivididas da seguinte forma: 04 glebas (01,02,03 e 04) para Boqueirão (BQ) e 05 glebas (05,06,07,08 e 09) para Mamanguape (MM) de acordo com as características de posição na paisagem e cor do solo. Foram coletadas amostras de solos com o

auxílio do trado holandês na camada de 0-20cm para análise em laboratório de características físicas e químicas de rotina.

#### **4) Abordagem sob a ótica de Aproveitamento da energia solar**

Esta etapa ainda se encontra em fase de consolidação, através da execução da construção da estrutura para aproveitamento da energia solar aplicada à irrigação de áreas de agricultura. Estima-se que até novembro do ano em curso esteja completamente efetivada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Levantamento das áreas trabalhadas**

#### **a) Mamanguape**

Mamanguape é um município brasileiro, sede da Região Metropolitana do Vale do Mamanguape, no estado da Paraíba, ao qual se atribui o título de “Rainha do Vale”. porque se encontra no vale fértil do Rio Mamanguape tornando-a uma grande produtora de commodities agrícolas. Mamanguape está a 50 quilômetros da Capital João Pessoa. A área urbana está a 6°35'05” ao sul da Linha do Equador e a 35°23' 50” a oeste do Meridiano de Greenwich. Apresenta população estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 42.537 habitantes (IBGE, 2012), distribuídos em 349 km<sup>2</sup> de área. A área estudada, segundo Brasil (1972), insere-se na unidade de mapeamento PE12, que é composta por Argissolo vermelho, amarelo e Neossolos Litólicos. A vegetação foi descrita como floresta sub-caducifólia, sob relevo ondulado. O material de origem é composto por Gnaisse e Granito. O clima está relacionado com a localização geográfica, é do tipo tropical chuvoso com verão seco. O período chuvoso começa no outono tendo início em fevereiro e término em outubro.

Figura 4: Vista geral da propriedade onde está sendo desenvolvida esta pesquisa



Fonte: Acervo pessoal dos autores, 2015

### b) Boqueirão

O município de Boqueirão está localizado na Microrregião Boqueirão e na Mesorregião Borborema do Estado da Paraíba. Sua área é de 425 km<sup>2</sup> representando 0,752% do Estado, 0,027% da Região e 0,005% de todo o território brasileiro. Está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com altitude variando entre 650 a 1000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância média alta. A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo.

A área estudada, segundo Brasil (1972), insere-se na unidade de mapeamento V2 que é composta por Vertissolos, Luvisolos e Neossolos Eutróficos. A vegetação foi descrita como Caatinga Hiperxerófila Arbustiva-arbórea pouco densa, sob relevo suave e ondulado. O material de origem é composto por Gnaisse e Granito. Pela classificação de Köppen o clima é Bsh, semiárido quente.

Figura 5: Vista geral da propriedade onde está sendo desenvolvida esta pesquisa



Fonte: Acervo pessoal dos autores, 2015

## Levantamentos Produtivo de Sócio Econômico

Apesar dos avanços já alcançados advindos da implementação do governo ou de parcerias públicas e privadas, a carência de atividades educacionais e econômicas ainda é muito grande, principalmente em municípios pequenos do Estado. Isto fica mais evidente quando o assunto se dá nas práticas de desenvolvimento agrário para estes municípios, onde a necessidade de ações que articulem a comunidade em arranjos produtivos é mais premente. Desta forma, o desenvolvimento do projeto de extensão integrante do PROEXT 2014 intitulado “Uso de Energia Solar na Produção de Eletricidade para Irrigação de Áreas de Agricultura Familiar” disponibilizou e incentivou a participação da população das áreas de atuação do Projeto, Mamanguape e Boqueirão, para o uso de fontes renováveis de energia que poderão propiciar um avanço na forma de implementação da agricultura familiar e possibilitar a inserção de pequenos agricultores no mercado local.

Em entrevistas e questionários aplicados com os proprietários das áreas, bem como com os trabalhadores da propriedade e moradores das adjacências, observou-se que se trata de uma comunidade formada por pequenos produtores rurais que desenvolvem agricultura familiar, tida antigamente como agricultura de subsistência, e que são negociadas, na grande maioria, na feira livre da cidade e em outras comunidades. Pelos levantamentos produtivo e socioeconômico, pode-se observar que a maioria dos agricultores jovens preferem exercer outras funções fora da cidade a permanecer com os trabalhos de agricultura em suas propriedades ou nas propriedades familiares, visto o investimento no setor ser bastante escasso.

Dos entrevistados (total de 47 pessoas), aproximadamente 85% receberam as atividades no projeto Uso de Energia Solar na Produção de Eletricidade para Irrigação de Áreas de Agricultura Familiar como uma oportunidade para o desenvolvimento econômico da região e, principalmente, como uma forma de poder continuar em sua propriedade, sem ter tantos prejuízos causados pela falta de irrigação adequada nas plantações e assim poder conseguir manter uma maior produtividade da sua plantação. Aproximadamente 10% dos entrevistados se mantiveram descrentes quanto à realização das atividades do projeto, visando uma possível desistência dos trabalhos, e os outros 5% não tinham uma opinião concreta sobre o que esperar

do projeto. Desta forma, observa-se que a grande maioria dos proprietários, trabalhadores e moradores da área, acreditam em parcerias entre a Instituição de Ensino (UFPB) e a comunidade, bem como em colaborações para o desenvolvimento e disseminação de novas tecnologias que possibilitem um avanço social e econômico para a população, em especial aquelas relacionadas com a agricultura.

### Análises Químicas e Mineralógica

Os resultados da composição química das amostras compostas dos solos coletados em Boqueirão, Mamanguape e na Mata (referência) e analisados por Fluorescência de Raios-X podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Composição Química dos solos

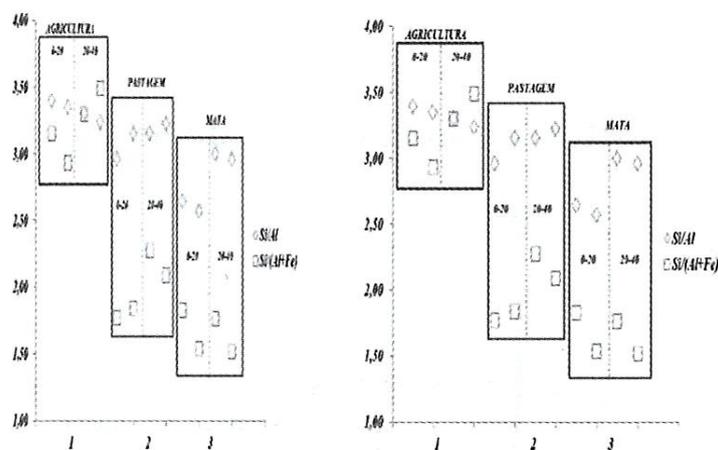
Elemento	Agricultura				Mata			
	Boqueirão		Mamanguape		M1		M2	
	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40
Si	43,09	42,51	41,90	41,09	33,53	32,57	38,01	37,51
Al	12,17	12,53	11,04	9,79	15,29	17,98	17,99	20,33
Fe	1,95	2,85	2,39	3,10	4,84	4,97	5,60	6,93
Ti	1,47	1,94	1,30	1,67	0,02	0,02	0,07	0,06
S	5,48	7,22	4,18	6,82	6,13	5,15	1,29	0,82
P	11,46	8,77	9,51	1,85	2,11	1,67	1,16	0,74
Mg	1,93	1,80	1,42	1,09	1,98	1,62	0,13	0,13
C	12,15	11,95	10,06	9,53	25,70	22,98	31,84	29,62
Constituintes menores	0,57	0,50	0,42	0,43	1,94	1,72	1,99	1,95

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação aos constituintes menores, basicamente formados por metais pesados, os teores encontrados nas regiões com a atividade de agricultura foram os menores, não excedendo a 0,6%. A área utilizada como referência apresentou teores que variam de 1,7% a 2%. As amostras são predominantemente constituídas de Si e C cujos estão apresentados na tabela 1. Os maiores teores de Si foram encontrados nas atividades de agricultura do Município de Boqueirão. O oposto se observou para o C onde os maiores teores foram observados na área de Mata (referência), o que vem indicar que as atividades de manejo da agricultura codificam as propriedades química e mineralógica dos solos.

Na Figura 6 pode-se constatar o efeito da atividade na composição química molar dos solos, onde a relação do silício com o alumínio ou com o alumínio e ferro apresentam maiores variações quando se muda a atividade de uso do solo. Enquanto na agricultura as variações das relações molares são mais próximas, as variações são muito maiores quando se considera as concentrações da soma do alumínio e ferro, sendo a mata a região onde se apresentou a maior variação. Isso pode estar associado à lixiviação que ocorre entre os minerais, pelos diferentes processos de intemperismos que ocorrem de forma diversificada em cada região.

Figura 6: Relação molar versus região e atividade no solo

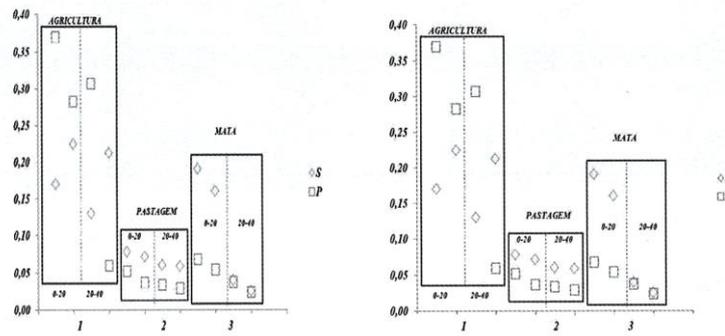


Fonte: Dados da pesquisa

Outro fator importante está relacionado com o tipo de manejo adotado, pois cada manejo perturba o solo e expõe minerais à atmosfera, o que pode favorecer sua oxidação e lixiviação. Desta maneira, na agricultura as ocorrências de Si e Al são muito próximas por se tratar de minerais de argila como a caulinita onde as relações molares são de 1:1 e o restante do silício vem predominantemente da fase quartzo. nas demais, as variações ocorrem entre a goetita ( $\text{FeOOH}$ ) que pode se transformar em hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), governariam essas variações nas outras regiões.

Na Figura 7 pode-se observar uma maior ocorrência de enxofre e fósforo nas áreas com manejo de agricultura. Também se podem constatar que esses teores diminuem substancialmente com a profundidade, indicando que as suas origens são de ordem da interferência humana provavelmente com fertilizantes. As demais regiões apresentam teores bastante inferiores e a região de mata apresentou maiores concentrações de enxofre.

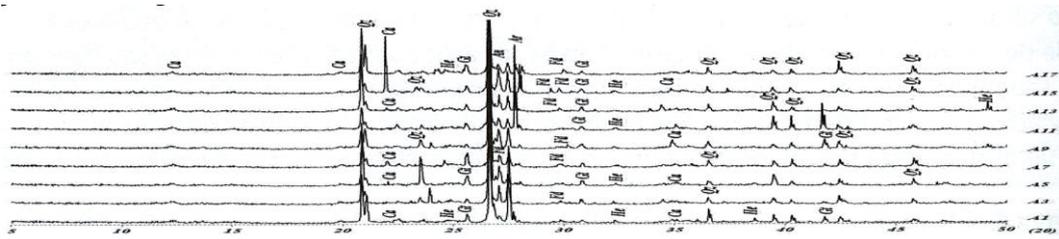
Figura 7: Relação molar S e P versus região e atividade no solo



Fonte: Dados da pesquisa

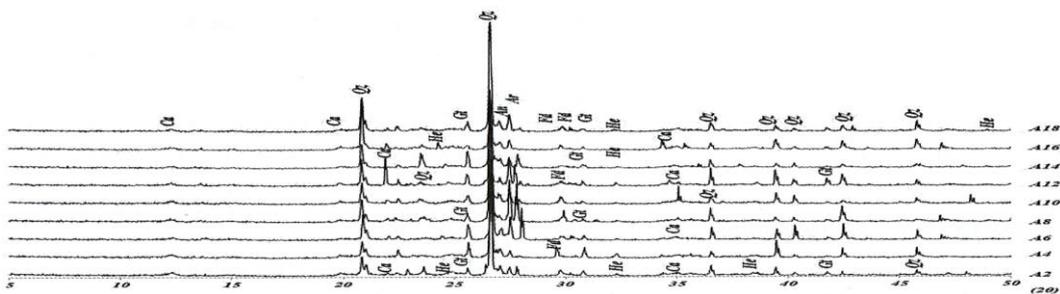
As Figuras 8 e 9 apresentam os difratogramas das amostras simples de solos da área de Agricultura de Boqueirão (Ponto 1) nas duas profundidades (0–20 e 20–40 cm) e a Tabela 2 sumariza as fases cristalinas encontradas nas amostras.

Figura 8: Difratogramas das amostras de solos da área de Boqueirão de 0–20 cm



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 9: Difratogramas das amostras de solos da área de Boqueirão de 20–40 cm



Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2: Fases encontradas nas amostras de solo da área de Agricultura de Boqueirão

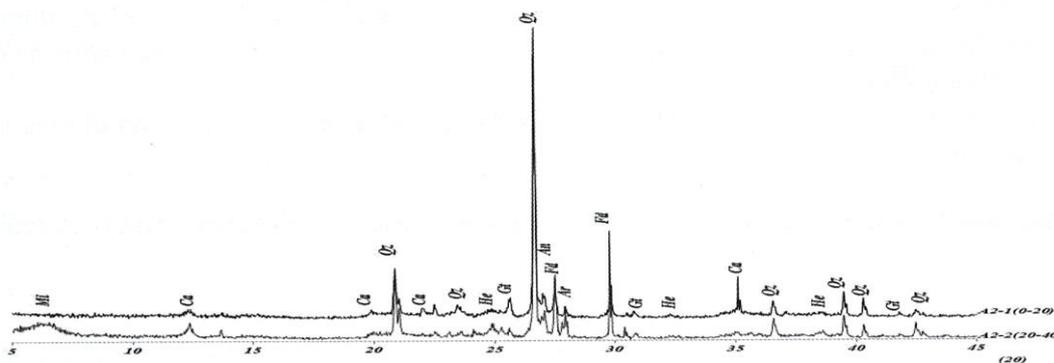
Nomenclatura	Fases encontradas
A1, A3, A5, A7, A9, A11, A13, A15, A17 (0–20 cm)	Caulinita (Ca) Quartzo (Qz) Goetita (Gt)
A2, A4, A6, A8, A10, A12, A14, A16, A18 (20–40 cm)	Hematita (He) Feldspato (Fd) Anatásio (An) Aragonita (Ar)

Fonte: Dados da Pesquisa

Pode-se Observar que os solos da área de Agricultura de Boqueirão são constituídos basicamente de quartzo (Qz), caulinita (Ca), goetita (Gt), hematita (He), feldspato (Fd), anatásio (An) e aragonita (Ar). Estes resultados são condizentes com os observados na fluorescência de raios-x para o ponto de coleta. Pode-se observar ainda que os solos de profundidade mais superficial (camada de 0–20 cm) apresentam teores de quartzo mais elevados quando comparados com os da camada mais profunda (20–40 cm) avaliados nesta pesquisa.

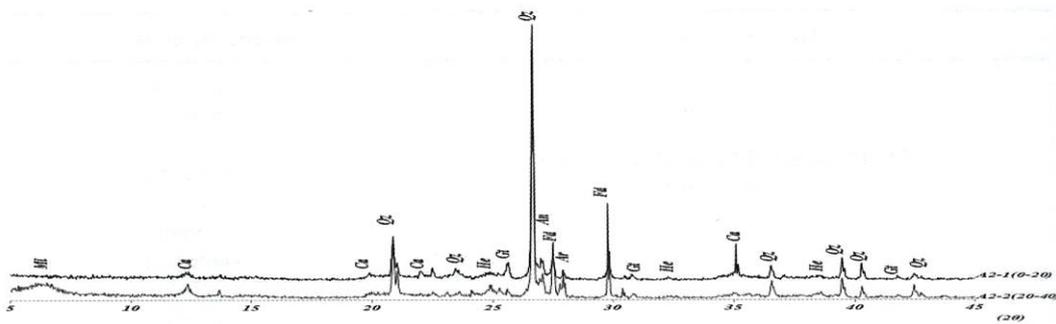
Devido ao comportamento similar nas duas áreas de trabalho da pesquisa (Boqueirão e Mamanguape) foram realizadas amostras compostas dos solos para a realização das demais análises de DRX. As Figuras 10 e 11 apresentam os difratogramas das amostras compostas de solos da área de Boqueirão e Mamanguape nas duas profundidades.

Figura 10: Difratogramas das amostras compostas da área de agricultura de Boqueirão nas profundidades de 0–20 cm (A1) e de 20–40 cm (A2)



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 11: Difratogramas das amostras compostas da área de agricultura de Mamanguape nas profundidades de 0–20 cm (A1) e de 20–40 cm (A2)



Fonte: Dados da pesquisa

Quando comparados os dois pontos de coletas, observa-se que os solos sofreram influência do tipo de manejo, utilizados em cada área de agricultura, estando também relacionados com a localização das áreas e o relevo em que as mesmas se encontram. Pode-se observar, ainda, que o Feldspato apresenta teores mais elevados no ponto de coleta 2 (Mamanguape) quando comparados com o ponto de coleta 1 (Boqueirão). De forma contrária, o teor de aragonita é menor quando comparado à Agricultura do Ponto 1 (Boqueirão).

Pode-se observar, de forma mais evidente, que o solo da Agricultura do Ponto de Coleta 1 (Boqueirão) apresenta teores mais elevados de quartzo e teores menores de caulinita quando comparados ao ponto de coleta 2 (Mamanguape), evidenciando se tratar este de um solo com menor quantidade de argila na sua constituição. Observa-se, ainda, que o solo sob uso de Agricultura do município de Mamanguape apresentou traços de Mica, na profundidade de 20–40 cm, diferentemente do solo de Boqueirão, onde este mineral não foi observado.

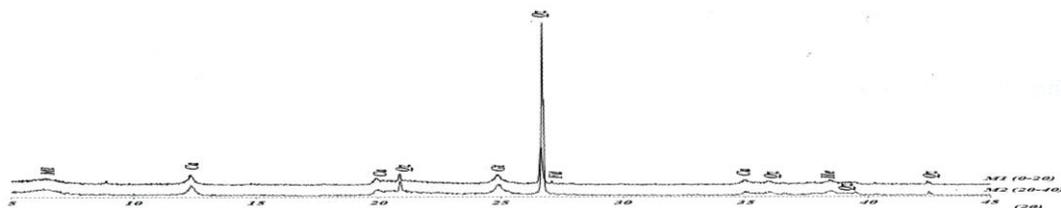
Os minerais primários do solo têm importância para a avaliação do grau de evolução do solo e da sua reserva mineral, na capacidade de os minerais primários funcionarem como reserva de nutrientes dependendo da sua granulometria e resistência à meteorização no que respeita ao grau de evolução do solo pode observar que os minerais primários mais abundantes nos solos da crosta terrestre são os mais resistentes o quartzo e os feldspatos. Os minerais secundários do solo podem ter origens pela

sintetização no próprio solo (in situ) a partir dos produtos da meteorização dos minerais primários menos resistentes, e resultam de alterações da estrutura de

certos minerais primários, que ocorrem também in situ e herdados do material originário. Os mais frequentes são minerais de argila (silicatos de alumínio no estado cristalino), silicatos não cristalinos; óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro; carbonatos de cálcio e de magnésio (SAMPAIO, 2006).

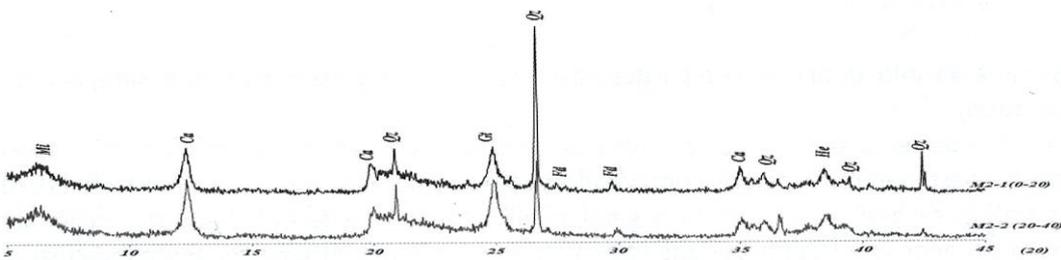
As Figuras 12 e 13 apresentam os difratogramas das amostras de solos da Mata utilizados como referência (Ponto 1-Boqueirão e Ponto 2-Mamanguape) nas duas profundidades.

Figura 12: Difratogramas das amostras de mata da área de Boqueirão nas profundidades de 0–20 cm (M1) e de 20–40 cm (M2)



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 13: Difratogramas das amostras de mata da área de Mamanguape nas profundidades de 0–20 cm (M2-1) e de 20–40 cm (M2-2)



Fonte: Dados da pesquisa

Pode-se observar pelas figuras 12 e 13 que os dois pontos de coletas de Mata apresentam pequenas alterações em sua mineralogia, diferindo apenas nos teores de quartzo, caulinita e goetita. Pode-se observar, ainda, que o Feldspato apresenta teores mais elevados no ponto de coleta 2 (Mamanguape) quando comparado com o ponto de coleta 1 (Boqueirão). Estes resultados corroboram os obtidos na FRX para as amostras de Mata.

De forma geral, o solo de Mata preserva suas propriedades mineralógicas, independente dos pontos de coleta (Boqueirão e Mamanguape). Esse resultado confirma os resultados obtidos por outros autores, bem como o esperado nesta pesquisa.

## **Análises Química de Rotina, Fertilidade e Física**

### **a) Teores de pH, Ca, Mg, Al**

Os valores de pH oscilaram entre 7,32 a 8,0 (BQ) e 4,7 a 5,3 (MM) entre glebas. O Ca é um elemento de ocorrência generalizada na natureza, contudo, solos pobres em Ca são geralmente solos ácidos (MELO, 1989). Nos teores de Ca houve uma variação 8,45 a 14,85 cmolc/dm<sup>3</sup> (BQ) e 0,15 a 1,40 cmolc/dm<sup>3</sup>(MM). Os teores de Mg variaram entre 7,7 a 9,30 cmolc/dm<sup>3</sup> (BQ) e 0,55 a 1,25 cmolc/dm<sup>3</sup> (MM). Os teores de Al variaram de 0,0 a 0,1 cmolc/dm<sup>3</sup> (BQ) e 0,1 a 0,7 cmolc/dm<sup>3</sup> (MM) entre as glebas. A partir das análises químicas de rotina das duas áreas, pôde-se verificar que nos solos de (BQ) o pH variou de 7,3 a 8,0 (praticamente neutro a moderadamente alcalino), condição relacionada ao histórico de intervenções via calagem e adubações sem orientação técnica por parte do produtor rural durante anos de cultivo. Ressalta-se que os solos desta localidade (Vertissolo, LuvissoLVértico e NeossoloLitólicoEutrófico) em geral, apresentam alta capacidade de troca catiônica e nenhum problema com saturação por alumínio. No solo de Mamanguape (MM) pode-se verificar que o pH indicou uma reação fortemente ácida com uma baixa capacidade de troca catiônica conjugada com baixa saturação por bases. Esta condição resulta em baixa fertilidade e um possível problema com Al (tabela 3), o que comprometerá o melhor crescimento e desenvolvimento das culturas.

### **b) Teores de P, K, Ca, Na**

Os teores de P tiveram variações de 18,81 a 37,52 mg/dm<sup>3</sup> (BQ) e 1,49 a 5,77 mg/dm<sup>3</sup> (MM) entre as glebas. No K os teores tiveram variações de 0,21 a 0,86 cmolc/dm<sup>3</sup> (BQ) e 0,06 a 0,13 cmolc/dm<sup>3</sup>: (MM). Os teores de Na entre as glebas tiveram variações 0,83 a 1,83 cmolc/dm<sup>3</sup> (BQ) e 0,04 à 0,11 cmolc/dm<sup>3</sup> (MM).

### **c) Teores de valor de T, V%, m%**

Os teores de T variaram entre 22,6 e 28,89 cmolc/dm<sup>3</sup> (BQ) e 7,08 a 10,69 cmolc/dm<sup>3</sup> (MM). Os valores de Saturação por Bases V% variaram de 81,69 a 88,89% (BQ) e 11,92 a 25,32 (MM) entre as glebas. Os teores de m% variaram 0,0 a 0,55% (BQ) e 3,50 a 40,00% (MM).

#### d) Carbono (C), Matéria Orgânica (M.O.)

Os teores Carbono variaram 5,26 a 10,478/kg (BO) e 4,08 a 10,988/kg (MM). À matéria orgânica do solo variou de 9,07 a 18,13 g/kg (BQ) e 7,03 a 18,03 g/kg (MM).

Na tabela, podem ser observados os teores de matéria orgânica em cada gleba da propriedade. Segundo Kiehl (1976), teores de matéria orgânica acima de 24,1 g/kg de matéria orgânica do solo são considerados altos, e abaixo de 13,8 g/kg são tidos como valores baixos no solo. Em geral todas as glebas apresentaram teores no intervalo de baixos a médios.

#### e) Densidade do solo, densidade de partículas e frações (Areia grossa, areia fina, silte, argila e porosidade total)

Na tabela 3 pode ser observado que os níveis de densidade do solo, densidade de partículas e a porosidade total estão em sua maioria concordantes com os valores apresentados por Kiehl (1976) para solos arenosos e argilosos. De maneira geral, quanto maior for a densidade do solo maior será sua compactação e menor será sua porosidade total afetando também o desenvolvimento radicular das plantas.

Tabela 3: Níveis de densidade do solo, densidade de partículas e a porosidade total (DEUS *et al.* 2014)

Horizonte	Glebas	Prof. cm	Composição Granulométrica do Solo				Arg. Disp. em H <sub>2</sub> O g/kg	Grau Floc. cm	Rel. Silte/Argila %	Densidades Sol. e Part.		Porosidade m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
			Areia Grossa g/kg	Areia Fina g/kg	Silte g/kg	Argila g/kg				g/cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Gleba 01	0-20	225	318	282	175	78	554	1,6	1,48 2,82	0,48	
	Gleba 02	0-20	282	313	203	205	91	552	0,9	1,64 2,85	0,42	
	Gleba 03	0-20	273	349	215	143	116	189	1,5	1,78 2,76	0,36	
	Gleba 04	0-20	259	292	185	264	158	401	0,7	1,78 2,87	0,38	
	Gleba 05	0-20	414	389	74	123	13	894	0,6	1,38 2,65	0,48	
	Gleba 06	0-20	460	320	73	147	0	1000	0,5	1,37 2,61	0,48	
	Gleba 07	0-20	295	362	106	237	0	1000	0,4	1,33 2,65	0,50	
	Gleba 08	0-20	274	392	116	218	0	1000	0,5	1,29 2,65	0,51	
	Gleba 09	0-20	278	439	118	165	13	921	0,7	1,29 2,65	0,51	

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo Sortivo								V	m	C	M.O.
	H <sub>2</sub> O	P mg/ dm <sup>3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>+3</sup>	T				
Gleba 01	8,0	37,52	14,85	9,05	0,86	0,83	25,59	0,00	3,30	28,89	88,89	0,00	10,47	18,13
Gleba 02	7,8	25,23	11,25	8,40	0,36	1,20	21,21	0,00	3,71	24,49	85,11	0,00	8,15	14,05
Gleba 03	7,5	24,33	3,45	7,70	0,29	1,58	18,02	0,10	4,04	22,06	81,69	0,55	5,26	9,07
Gleba 04	7,3	18,81	13,60	9,30	0,21	1,83	24,94	0,10	4,54	29,48	84,60	0,40	5,92	10,20
Gleba 05	5,0	4,11	0,55	0,80	0,06	0,06	1,47	0,25	5,61	7,08	20,76	14,53	4,08	7,03
Gleba 06	5,1	2,18	0,95	1,10	0,09	0,05	2,19	0,30	8,50	10,69	20,49	12,05	10,07	17,37
Gleba 07	4,7	1,49	0,15	0,80	0,06	0,04	1,05	0,70	7,76	8,81	11,92	40,00	6,97	12,02
Gleba 08	5,2	5,77	1,40	1,25	0,07	0,04	2,76	0,10	8,14	10,90	25,32	3,50	10,98	18,03
Gleba 09	5,3	2,94	0,34	0,55	0,13	0,11	1,14	0,40	7,26	8,38	13,57	25,97	6,97	12,02

Fonte: Dados da pesquisa

## CONCLUSÕES PRELIMINARES

Diante do conteúdo exposto neste trabalho, pode-se concluir:

(I) As técnicas de análise química e mineralógica foram capazes de ser usadas no estudo da influência do manejo e da topografia de solos, concluindo que a atividade de uso de agricultura de uso de agricultura apresentou maiores influências na composição química quando comparadas a área de mata, utilizada como referência, especialmente no que se refere a teores de S,P e Mg.

(II) As composições químicas foram compatíveis com os minerais identificados na técnica de difração de raios-x. Os resultados apontam para o desenvolvimento de uma metodologia de análise que permitirá o entendimento do efeito das atividades agroindustriais nas características do solo em escala microestrutural bem como de seus reflexos para o meio ambiente.

(III) A camada mais superficial dos solos avaliados apresenta maiores teores de quartzo quando comparados à camada mais profunda. Contudo, estes resultados foram explicitados tanto pela composição química (FRX) quanto pela composição mineralógica (DRX).

(IV) OS solos de mata apresentam teores mais evidentes de caulinita presente no solo quando comparados aos solos sob uso de agricultura, corroborando o resultado de que a composição química e mineralógica dos solos sofre influência do tipo de uso aplicado.

(V) A partir das análises químicas de rotina das duas áreas, pôde-se verificar que nos solos de (BQ) o pH É alcalino, condição relacionada à gênese destes solos com forte ligação ainda com o material de origem que é rico em bases trocáveis, condição peculiar aos solos da região semiárida paraibana. No solo de (MM) pode-se verificar que o pH indica acidez elevada, resultando em baixa fertilidade e alta saturação por alumínio, situação típica dos solos de tabuleiros costeiros do Nordeste.

(VI) Todos os parâmetros analisados possibilitaram uma compreensão maior, por parte da equipe executora, como pelos agricultores familiares, sobre adubação mineral e orgânica, pois teve como finalidade abrir perspectivas para o aumento da renda do produtor, na medida em que se aperfeiçoou o uso dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: [s.n], 2008.
- ANTUNES, L. M.; RIES, L. R. **Gerência agropecuária: análise de resultados**. Guaíba: Agropecuária, 1998.
- BENEDUCE, F. C. A. **Energia solar fotovoltaica sem mistério**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.
- DEUS, A. S.; SANTOS, R.F.; ARAÚJO, G. M. Atributos físicos e químicos de solos representativos do Planalto da Borborema e Tabuleiros Costeiros da Paraíba. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 2014, Ilhéus. Anais... Ilhéus: [s.n], 2014.
- DIEGUEZ, F. Luz no fim do túnel: tecnologia antiapagão. **Superinteressante**, São Paulo, n.6, p 16-17, 2001.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: [s.n.], 2009.
- EPE. **Rio de Janeiro: Balanço Energético Nacional**, 2013.
- GALDINO, M. **Perguntas mais frequentes sobre energia solar: centro de referências para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB**. [S.I.; s.n.], 2003.
- GASTAL, M.L. et al. **Proposta metodológica de transferência de tecnologia para promover o desenvolvimento**. Campinas: Atual, 1997.
- IDER. **Resumo de aplicações técnicas no Brasil com energia solar fotovoltaicas de 1993 a 2003: aplicações técnicas**. Fortaleza: [s.n.], 2013.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1976.

MELO, F. A. F. et al. **Fertilidade do Solo**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1989.

---

<sup>1</sup> Este trabalho foi publicado originalmente na Revista de Extensão da Universidade Federal da Paraíba. n.1 (jun./dez. 2015). João Pessoa: PRAC/UFPB, 2015.