



AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICAS E PRÁTICAS

2022

**AGRICULTURA E
DESENVOLVIMENTO
TÉCNICAS E PRÁTICAS**



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A2781 Agricultura e Desenvolvimento: Técnicas e práticas/Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2022.
103 f.: il. color.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-41828-6

1. Tecnologia. 2. Desenvolvimento. 3. Pesquisa. 4. Ciência. I.
Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Silva, Viviane Farias.
III. Santos, Djail. IV. Ribeiro, George do Nascimento. V.
Ayes, Gypson Dutra Junqueira. II. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição -Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2021 by Eptec
Copyright © Eptec
Copyright do texto © 2021 Os autores
Copyright da edição © 2021 Eptec
Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.
Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UFPB)
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
Newton Carlos Santos (UFRN)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)
Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
Viviane Farias Silva
Djail Santos
George do Nascimento Ribeiro
Gypson Dutra Junqueira Ayres

AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO TÉCNICAS E PRÁTICAS



1.a Edição
Campina Grande-PB
2022

REALIZAÇÃO



APOIO



SUMÁRIO

ETIOLOGIA, TRANSMISSÃO E PATOGENICIDADE DE FUNGOS ASSOCIADOS A SEMENTES DE CAGAITA (<i>Eugenia dysenterica</i>) E TINGUI (<i>Magonia pubescens</i>)	6
AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA	21
ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE E ERODIBILIDADE DOS SOLOS UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS E KRIGAGEM EM BACIA HIDROGRÁFICA	41
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA IRRIGADA DA PALMA FORRAGEIRA (<i>Opuntia sp.</i>) EM REGIÃO SEMIÁRIDA	62
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SEUS INDICADORES BRASILEIROS	77
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE CAMALAÚ-PB	89
Curriculum dos organizadores	102

ETIOLOGIA, TRANSMISSÃO E PATOGENICIDADE DE FUNGOS ASSOCIADOS A SEMENTES DE CAGAITA (EUGENIA DYSENTERICA) E TINGUI (MAGONIA PUBESCENS)

Margaux Joséphine Alice Llamas Bruschet

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, UFT, Gurupi-TO, margaux.llamas@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2121-7084>

Aloisio Freitas Chagas Junior

Dr. Prof. Associado, UFT, Gurupi-TO, chagasjraf@uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7498-8701>

Pablo Timoteo da Silva

Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais, UFT, Gurupi-TO, timoteo.pablo@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2655-703X>

Cristiano Bueno de Moraes

Dr. Prof. Associado, UFT, Gurupi-TO, cbmoraes@uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-6988-0622>

Gil Rodrigues dos Santos

Dr. Prof. Titular, UFT, Gurupi-TO, gilrsan@uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-3830-9463>

Introdução

O Cerrado é uma formação Savânica que ocupa a maior parte do Planalto Central do Brasil. Com uma superfície de aproximadamente 2 milhões de km², ou seja, 22% do território brasileiro (MMA, 2019). Apesar de ser um bioma ainda pouco estudado, em comparação com a Amazônia, ele é considerado internacionalmente como um *hotspot* de biodiversidade (CEPF, 2017). A maioria das espécies vegetais apresentam elevado potencial econômico e ecológico. Além da importância social, muitas vezes complementa a dieta e serve como fonte de medicamentos, fibras, madeira para

construções e energia para os habitantes locais. O cerrado é considerado como a savana mais rica do mundo em termo de biodiversidade, além de ter um alto nível de endemismo (KLINK & MACHADO, 2005).

Eugenia dysenterica DC., conhecida como Cagaita ou Cagaiteira é uma árvore da família da Myrtaceae. É uma árvore característica do cerrado, sendo encontrada na Bahia, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Sua distribuição é irregular, sendo abundante em certos locais e ausentes em outros (LORENZI, 1998). A floração da Cagaita ocorre em setembro, conjuntamente com a recuperação da folhagem. Já a frutificação coincide com as primeiras chuvas, ou seja, outubro a novembro (CAMILO et al., 2013). A Cagaita é indicada na recuperação de áreas degradadas pelas seguintes características: heliófila, xerófita (LORENZI, 1998) e de dispersão zoocórica (SANO et al., 1995), melífera (SIMEÃO et al., 2015), necessidades nutricionais baixas (DUBOC & GUERRINI, 2007). Além disso, a Cagaita representa um alto potencial econômico para as regiões do Cerrado, porém, pouco desenvolvido por falta de aceitação do consumidor e dificuldade de produção de mudas (MMA, 2016).

Magonia pubescens St. Hill, comumente chamado Tingui, Timbó, Tingui-do-Cerrado, Cuitê, Timbopeba, ou Tangui, pertence à família do Sapindaceae. O Tingui é encontrado no cerrado, tanto nas formações primárias como secundárias, do Ceará até Minas Gerais, passando por Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A floração ocorre nos meses de agosto a setembro, e a maturação dos frutos pode demorar um ano, sendo assim, a produção de sementes ocorrerá em agosto, setembro do ano seguinte. É uma espécie de árvore heliófila, pioneira, decídua, seletiva xerófita (LORENZI, 2008). Porém, as mudas suportam vários níveis de sombreamento, sendo do pleno sol até 70% de sombreamento (OLIVEIRA et al., 2016). Essa espécie é recomendada em recuperação de áreas degradadas em particular pela sua colonização por fungos micorrízicos arbusculares (SCABORA et al., 2011).

Sabe-se que a germinação, a sobrevivência e a taxa de mortalidade das sementes são os primeiros indicadores avaliados em um processo de recuperação de áreas degradadas (PALMA & LAURANCE, 2015). A base do sucesso do plantio das espécies nativas depende de vários fatores, incluindo a qualidade sanitária das sementes (LIMA et al., 2014). Por causa da estacionalidade de frutificação (KUHLMANN, 2012) e a dificuldade de monitoramento e colheita (OLIVEIRA et al., 2016), sementes de árvores nativas são ainda pouco estudadas. Além disso, a incidência de doenças nas plantas, bem como a micoflora associada às suas sementes podem representar uma possível ameaça à sobrevivência das espécies nativas as quais devem ser multiplicadas antes de sua utilização nas áreas degradadas.

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo avaliar a micoflora associada às sementes de Cagaita e Tingui, a transmissão e a patogenicidade destes fungos a estas plantas destinadas a recuperação de áreas degradadas.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi-TO.

Origem das sementes e local do experimento

As sementes das duas espécies foram coletadas (Tabela 1) entre setembro e outubro de 2018, no campus da UFT de Gurupi e em seu entorno. De acordo com a espécie, foi escolhido um método de coleta. As sementes foram retiradas dos frutos, secadas à sombra em local seco e arejado, e posteriormente acondicionadas em saco de papel e guardadas em geladeira à 5°C.

Tabela 1. Informações sobre os locais e tipos de coleta de sementes de Cagaita e Tingui

Nome comum/ Espécie	Local de coleta	Tipo de coleta	Beneficiamento
Cagaita (<i>Eugenia disenterica</i> DC.)	12°25'46" S 49°16'42" W	No chão	As sementes foram retiradas dos frutos e higienizada com água e seca ao ar livre
Tingui (<i>Magonia pubsecens</i> A.St.-Hil)	11°44'49" S 49°03'01" W	Na árvore	A sementes foram retiradas dos frutos e higienizadas

Transporte de fungos associados às sementes

O método utilizado para o levantamento das populações fúngicas associadas as sementes foi o método do papel filtro ou "Blotter Test" (BRASIL, 2009). Foi utilizada uma caixa acrílica tipo Gerbox, desinfestada com álcool 50% e Hipoclorito de Sódio à 1%, contendo em seu interior duas folhas de papel de filtro esterilizadas por autoclave e umedecidas com água destilada estéril.

As sementes foram submetidas aos tratamentos, com assepsia e sem assepsia, realizada na seguinte sequência: sementes imersas em solução de álcool, à 50%, por 40 segundos, seguida de hipoclorito de sódio, à 1%, por 40 segundos. Após a desinfestação, foram lavadas em água destilada esterilizada por duas vezes e colocadas para secar à temperatura ambiente.

Foram utilizadas 200 sementes por espécies as quais foram divididas em 5 repetições de 40 sementes. Devido ao tamanho desigual das sementes, cada repetição foi composta de quatro gerboxes para a Cagaita e oito para o Tingui. Posteriormente, as caixas foram acondicionadas em câmara de crescimento, tipo BOD, sob temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas por um período de cinco a sete dias. Após esse período, examinou-se cada semente com o auxílio de lupa e microscópio ótico, onde foram preparadas lâminas para visualizações de estruturas fúngicas (conídios e conidióforos). A identificação inicial dos gêneros foi feita com auxílio da literatura especializada (WATANABE, 2010). Os fungos identificados foram isolados e cultivados em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) com antibiótico (Amoxicilina) para limitar o desenvolvimento de bactérias.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2x2 (tratamento de sementes e espécies). Para análise de variância, os valores de incidência de cada gênero fúngico foram transformados pela seguinte fórmula: $f(x) = \arcseno(\sqrt{x})$, onde: x = incidência dos gêneros nas sementes e $f(x)$ = Variável transformada.

A variável transformada de cada gênero fúngico foi submetida ao teste de ANOVA para o modelo que considerou o efeito dos tratamentos. As médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott a 5% de significância. Para análise dos dados, foi utilizado o Sistema de Análise Estatística R versão 3.5.2.

Transmissibilidade de fungos das sementes para as plântulas

As sementes foram semeadas sem assepsia e sem tratamento por fungicida, com objetivo de avaliar a incidência natural dos fungos a sua transmissão para as plantas. Após o semeio buscou-se manter a umidade do solo, de modo que o ambiente fosse favorável à transmissão. Ao longo do crescimento das plântulas foram observadas o surgimento dos primeiros sintomas de doenças. Para a confirmação dos Postulados de Koch, fragmentos das plantas que apresentaram sintomas foram destacados para isolamento. O material vegetal foi coletado e desinfestado na seguinte sequência: uma solução de álcool à 50%, por 40 segundos, seguido de hipoclorito de sódio à 1%, por 40 segundos e lavagens em água estéril. Em seguida, os tecidos foram incubados em placas petri com meio BDA. Posteriormente, as placas de petri foram acondicionadas em câmara de crescimento, tipo BOD, sob temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas por um período de cinco a sete dias (SALES et al., 2018). O material vegetal foi observado com lupa e microscópio ótico, para verificar a presença de estruturas fúngicas e auxílio da literatura especializada.

Patogenicidade dos fungos em plântulas e frutos

De acordo com a fisiologia de cada espécie, diferentes tratamentos foram feitos para superar a dormência. Para Cagaita, houve dormência das sementes de origem tegumentar e bioquímica. De acordo com alguns autores, o tegumento das sementes de Cagaita não impede a absorção de água, mas limitam as trocas gasosas (MARTINOTTO et al., 2008; SILVEIRA et al., 2013). Com escarificação ou supressão completa do tegumento a porcentagem de germinação chega a 88%, por isso, retira-se o tegumento com ajuda de um estilete estéril. As sementes de Tingui apresentam uma taxa de germinação alta sem tratamento, por isso, foram semeadas sem nenhum tratamento. As sementes foram semeadas em saco plástico preto (9 x 15 cm) contendo uma mistura de areia esterilizada misturada com compostagem orgânica. As plântulas foram irrigadas diariamente. Para cada espécie, os fungos isolados durante a análise sanitária foram inoculados nas partes aéreas ou/e no solo de acordo com o modo de infecção de cada espécie fúngica. Quando as plântulas apresentaram mais de duas folhas definitivas, foram efetuadas pulverizações com soluções de conídios na concentração de 2×10^6

esporos mL⁻¹. As suspensões foram preparadas a partir de colônias dos fungos anteriormente isolados em meio BDA. As plântulas inoculadas foram acondicionadas em câmara úmida e escura por 72 h. Após esse período, as plântulas foram retiradas da câmara úmida e observadas até o surgimento dos primeiros sintomas. Para a confirmação da patogenicidade foram feitos os Postulados de Koch (SALES et al., 2018).

Resultados e Discussão

Transporte de fungos associados às sementes

Verifica-se na Tabela 2, a incidência média de gêneros fúngicos encontrados nas sementes de Cagaita e Tingui. De acordo com os resultados obtidos foram identificados um total de nove gêneros.

Houve Observa-se que diferença significativa entre as espécies de fungos de maneira geral (Pr = 0,0010 < 0,05), para a Cagaita (Pr = 0,0000 < 0,05) e para o Tingui (Pr = 0,0000 < 0,05).

Tabela 2. Incidência média (%) de gêneros fúngicos associados às sementes de Cagaita e de Tingui, submetidas a tratamentos com assepsia (CA) e sem assepsia (SA)¹

Gêneros	Cagaita			Tingui			Média ³
	SA	CA	Média	SA	CA	Média	
<i>Trichoderma</i>	0,0	0,0	0,0 a	0,0	2,0	1,0 aB	0,5 B
<i>Alternaria</i>	2,0	0,5	1,2 aB	0,0	0,0	0,0 a	0,6 B
<i>Curvularia</i>	2,5	0,5	1,5 aB	0,0	0,0	0,0 a	0,7 B
<i>Periconia</i>	0,0	0,0	0,0 a	8,0	0,0	4,0 aB	2,0 B
<i>Rhizopus</i>	10,0	1,0	5,5 aB	0,0	0,0	0,0 a	2,7 B
<i>Fusarium</i>	3,5	2,5	3,0 aB	9,5	13,5	11,5 aA	7,2 B
<i>Aspergillus</i>	1,5	2,0	1,7 aB	59,0	0,0	29,5 aA	15,6 B
<i>Cladosporium</i>	81,0	45,0	42,7 aA	0,0	0,5	2,5 aB	21,5 B
<i>Aspergillus niger</i>	70,0	1,5	43,7 aA	35,0	2,0	18,5 aA	31,1 A
<i>Penicillium sp</i>	83,5	12,5	48,0 aA	45,0	46,5	45,7 aA	46,9 A
Média²		18,4 a			12,7 a		12,9

¹A medias seguido pela mesma letra não tem diferencias significativas segundo o Teste de Scott-Knott (1974) (P < 0,05), sendo letras maiúsculas relativo a cada coluna e minúscula relativo a cada linha. ²Média da incidência fúngica por espécie. ³Média da incidência por gênero fúngico

Dos gêneros fúngicos identificados, quatro deles são comuns associados às duas espécies de árvores: *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*. Esses mesmos fungos também foram encontrados em espécies de plantas do Cerrado em estudos desenvolvidos por Pinheiro et al. (2016). De acordo com estudos desenvolvidos por Watanabe (2010), estes fungos são muito frequentes por

estarem associados às plantas. Sabe-se que alguns fungos encontrados associados às sementes podem ser considerados como sendo saprófitos externos.

Não ocorreu houve diferenças significativas entre a Cagaita e o Tingui em termo de incidência fúngica total ($Pr = 0,5212 > 0,05$). Mas, existem diferenças entre os gêneros fúngicos associados. São encontrados, oito fungos associados às sementes de Cagaita, incluído *Curvularia* sp., *Rhizopus* sp. e *Alternaria* sp. que são identificados exclusivamente nessa espécie. Outros gêneros, não observados neste estudo, já foram encontrados associados às sementes de Cagaita, sendo: *Helminthosporium* sp., *Asterinella sublibera*, *Cercospora* sp., *Colletotrichum* sp., *Didymella glacialis*, *Drechslera* sp., *Johansonia pandani*, *Mucor* sp., *Nigrospora* sp., *Phloeosporella* sp., *Puccinia psidii*, *Schizothyrium coutareae*, *Stigmopeltis* sp. (EMBRAPA, 2010).

São encontrados nove gêneros associados às sementes de Tingui. Além dos gêneros comuns já citados, também identifica-se *Periconia* e *Trichoderma*.

A assepsia apresenta um efeito significativo na eliminação de alguns fungos, diminuindo a incidência nas sementes ($Pr = 0,0146 < 0,05$). Sendo que, nas sementes das espécies florestais estudadas o tratamento sem assepsia, apresenta incidência média de 24,96 % e no tratamento com assepsia ocorre incidência de 6,20%. Desta forma, pode-se afirmar que a assepsia das sementes diminui significativamente a incidência fúngica nas sementes de Cagaita e Tingui (Tabela 2).

Para as sementes de Cagaita, a incidência fúngica em sementes com assepsia é de 5,12%, e 31,75% sem assepsia. Pode-se observar os mesmos fungos associados às sementes nos dois tratamentos, ou seja, a assepsia não elimina os fungos, porém, há uma diminuição da sua incidência. A assepsia pode eliminar uma parte do inóculo (esporos, fragmentos de hifas) e assim limitar o desenvolvimento dos fungos. Segundo Pinheiro (2016), este método atua na superfície das sementes, protegendo de alguns patógenos. Porém, tem-se que considerar que o tratamento com álcool e hipoclorito de sódio não apresenta ação sistêmica nas sementes, de modo que alguns fungos mais resistentes ou aqueles localizados nas camadas mais internas das sementes podem sobreviver ao tratamento.

Da mesma maneira, a incidência fúngica em sementes de Tingui é menor com assepsia (7,2%) do que sem assepsia (18,16%). Porém, ao contrário da Cagaita, a diversidade específica também apresenta-se alterada. Três fungos, sendo, dois *Aspergillus* sp. e *Periconia* sp. não são mais encontrados após assepsia. Alguns estudos apresentam resultados similares com outras espécies florestais, onde a assepsia eliminou espécies fúngicas (MUNIZ et al., 2007). No entanto, dois outros gêneros, ausentes no tratamento sem assepsia, são encontrados nas sementes com assepsia, sendo eles, *Cladosporium* e *Trichoderma*. As sementes de Tingui têm camadas protetoras externas que em contato com água produzem um gel composto oligossacarídeos celulósicos (GORIN et al., 1996), dividido em cinco regiões de composição diversa (OLIVEIRA et al., 2001). Esse gel tem potencial atividade antifúngica, em particular contra *Penicillium*, *Aspergillus* e *Hormodendrum* sp. Estudos demonstram o potencial uso do pó cobrindo as sementes de Tingui como produtos para peletizar sementes comerciais, como suas

características similares a HPMC (hidroxipropilmetilcelulose), além de ter uma atividade antifúngica (TEIXEIRA, 2007). Desta forma, o álcool e o hipoclorito de sódio, utilizados na assepsia, podem ter desnaturado ou alterado o gel protetivo das sementes, o que poderia explicar essas diferenças na população fúngica.

Os fungos com maior ocorrência na Cagaita e no Tingui são *Aspergillus niger* e *Penicillium* sp., com incidência nas sementes, respectivamente, de 31,11 e 46,8%. Além disso, observa-se que a assepsia não elimina esses fungos que estão associados às sementes das duas espécies, mesmo após a desinfestação. Esses dois fungos costumam ser encontrados em ambientes fechados de estocagem de sementes, por isso, são chamados fungos de armazenamento. Conseqüentemente podem ser oriundos de uma contaminação externa. Os fungos ditos de armazenamento, podem não ser fitopatogênicos das plantas, porém, podem ocasionar danos às sementes (DHINGRA et al., 2003). Em condições não adequadas, como umidade e temperatura alta, os fungos de armazenamento podem degradar rapidamente as sementes, e prejudicar a germinação e emergência de mudas, além de produzir substâncias tóxicas.

Em particular, as sementes com alto teor de água e sensíveis à dessecação sofrem mais com fungos saprófitos. Apesar de ser mofos generalistas esses fungos podem prejudicar o armazenamento de sementes especialmente sob clima tropical. As sementes de Cagaita são recalcitrantes, ou seja, não suportam período longo de armazenamento, dessecação e temperaturas muito baixas (DELGADO & BARBEDO, 2012). Elas apresentam alto teor de água, entre 47 e 53%. Quando o teor de água das sementes passou abaixo de 18-22% as sementes perderam suas viabilidades. O ideal para seu armazenamento é dentro de sacos plásticos em câmara fria a 10°C com 60% de umidade (ANDRADE et al., 2003). Essas condições favorecem o desenvolvimento de fungos associados às sementes e suas deteriorações como foi mostrado em espécies próximas da Cagaita, *Eugenia brasiliensis*, *E. pyriformis* e *E. uniflora* (OLIVEIRA et al., 2011). Preferencialmente, as sementes de Cagaita devem ser coletadas no solo do que na árvore, para melhor taxa de germinação, porém, isto pode aumentar o risco de contaminação por fungos. Certos fungos podem estar associados às sementes, e permanecem dormentes até a maturação da fruta (SINGH, 2011).

As espécies ortodoxas costumam apresentar baixo teor de água, o que limita o desenvolvimento e ataque de fungos. Ao contrário as espécies recalcitrantes que precisam ser mantidas com teor de água alto, apresentando colonização maior por fungos dito de campos, tais como *Fusarium* (SCHMIDT, 2007). O Tingui é uma espécie ortodoxa (CONSOLARO et al., 2019). As suas sementes apresentam em média um teor de água de 6% (ARANTES et al., 2017). Porém, é recomendado um armazenamento até 90 dias, pois é após esse período que a taxa de germinação diminui e as sementes perdem vigor (JEROMINI et al., 2015).

Os fungos encontrados na análise sanitárias das sementes de Cagaita e Tingui, podem comprometer seriamente a estocagem dessas espécies. A maioria das espécies de árvores do Cerrado produzem sementes uma vez por ano e geralmente no final da estação seca. Essas características, junto

com a necessidade de esperar a estação chuvosa para o plantio das espécies, exigem um período de armazenamento, mesmo curto, que pode ser comprometido pelos fungos identificados neste trabalho. A condição climática tropical pode, todavia, favorecer a degradação das sementes e consequentemente comprometer o plantio delas.

Transmissão

No estudo de transmissão, a partir de sementes sem desinfestação, surgiram nas mudas de Cagaita, inicialmente, manchas foliares de cor amarelo-amarronzadas, que evoluíram para necroses escuras (Figura 1). Vale salientar que no período avaliado, durante quatro meses, essas lesões apresentam-se restritas às folhas adultas que com o passar do tempo, não provocam a morte das plantas. Esse tipo de sintoma já foi reportado por outros autores, em condições de viveiros (MARTINOTTO et al., 2008).

A partir das lesões foliares os isolamentos dos tecidos necróticos demonstram presença de vários fungos associados (Tabela 3).

Tabela 3. Fungos isolados a partir de diferentes partes de plantas de mudas de Cagaita no teste de transmissibilidade

Espécie	Parte da planta	Sintomas
<i>Phoma</i> sp.	Folhas	Mancha escura com necrose
<i>Colletotrichum</i> sp.	Folhas	Mancha escura com necrose
<i>Cladosporium</i> sp.	Folhas	Mancha escura com necrose
<i>Pestalotia</i> sp.	Folhas	Mancha escura com necrose



Figura 1. Folha de Cagaita (*Eugenia dysenterica*) apresentando lesões necróticas durante o teste de transmissão.

Dentre os fungos encontrados, apenas o gênero *Cladosporium* é observado durante a análise sanitária das sementes de Cagaita. Os demais fungos, *Colletotrichum*, *Pestalotia* e *Phoma* não são observados nas sementes. Neste caso, podem ter sido transmitidos do ambiente para as mudas, pelas vias: planta-planta ou solo-planta. Outras hipóteses é que esses fungos já estavam presentes nas

sementes, em baixas frequências, em forma hifas dormentes, de modo que não foram anteriormente encontrados. Também existe a possibilidade de outros fungos com crescimento mais rápido, como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Fusarium* podem ter limitado o desenvolvimento destes fungos.

As mudas de Tingui apresentam diferentes sintomas, incluindo manchas nas bordas das folhas que evoluíram até a necrose. Ademais, algumas plantas murcharam com ressecamento das folhas até a morte (Figura 2).

Após isolamento das lesões oriundos de diferentes tecidos das plantas são encontrados alguns fungos associados, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Fungos isolados a partir de diferentes tecidos doentes de plantas de Tingui no teste de transmissibilidade

Espécie	Tecidos doentes	Sintomas
<i>Cladosporium</i> sp.	Folhas	Manchas foliares
<i>Colletotrichum</i> sp.	Folha e Caule	Manchas foliares
<i>Fusarium</i> sp.	Caule, Raízes, Cotilédones, Folhas	Murcha total - planta morta



Figura 2. Mudanças de Tingui com sintomas de manchas foliares (a esquerda) e murcha (a direita), durante o teste de transmissibilidade.

Dos gêneros fúngicos encontrados, o *Cladosporium* e *Fusarium* já havia sido detectado associado às sementes de Tingui. Somente o *Colletotrichum* não foi observado nas sementes. Da mesma forma que surgiu nas sementes de Cagaita, este gênero pode ter sido transmitido por sementes, porém com incidência muito baixa ou, foi transmitido pelo ambiente para a planta. Apesar deste gênero ter sido encontrado associado a manchas foliares, este fungo não é detectado nas sementes das respectivas espécies.

Patogenicidade

Dos oito gêneros fúngicos detectados durante a análise sanitária das sementes, ou isolados de lesões em plântulas, no teste de transmissão, alguns deles foram testados quanto à patogenicidade em plantas de Cagaita, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5. Patogenicidade de fungos associados às sementes ou folhas de Cagaita

Espécie	Tecido	Patogenicidade¹
<i>Curvularia sp</i>	semente	+
<i>Cladosporium sp</i>	semente	-
<i>Phoma sp</i>	folha	-
<i>Colletotrichum sp</i>	folhas	+
<i>Cladosporium sp</i>	folhas	-
<i>Pestalotia sp</i>	folhas	-

¹(+) Fungo patogênico (-) Fungo não patogênico (NT) Não testado.

As mudas inoculadas com *Curvularia* apresentam manchas foliares depois de um mês. As manchas, de forma irregulares, começaram pelas margens das folhas e progrediram para o centro (Figura 3 a). Dessas manchas, foram isoladas novamente a *Curvularia* o que confirma os postulados de Koch. Mesmo sendo patogênica e associada às sementes de Cagaita, a *Curvularia* não é observada durante o teste de transmissibilidade. Consta-se assim, que para haver a transmissão, mesmo para fungos potencialmente patogênicos, o inóculo transportado via semente, depende, fundamentalmente, da espécie cultivada (resistência), condições ambientais (umidade do ambiente e do solo, temperatura, vento, chuva e luz), inóculos (viabilidade, localização na semente), práticas de cultivo (tipo de solo, pH, população de plantas, profundidade de plantio e estação de plantio, adubação), sobrevivência de inóculos, microflora de solo e semente, entre outros (MAYER et al., 2001).

As mudas inoculadas com *Colletotrichum* mostram manchas foliares, começando na periferia, levando a necrose total, depois de 4 dias (Figura 3 b). Destas manchas foram isolados novamente *Colletotrichum*, o que permiti a confirmação dos postulados de Koch. Além das folhas, *Colletotrichum* também foi inoculado em frutos sadios de Cagaita. O patógeno provoca sintomas de podridão nos frutos, após 3 dias da inoculação.



Figura 3. Detalhe dos sintomas associados aos fungos patogênicos *Curvularia* sp. (a.) e *Colletotrichum* sp. (b.) em mudas de Cagaita durante o teste de patogenicidade.

Por isso, foram inoculados esporos de *Colletotrichum* sp. em frutos sadios de Cagaita afim de testar sua patogenicidade. Após três dias, sintomas de podridão com manchas aparecem nos frutos (Figura 3b). Destas manchas é identificado no microscópio, o gênero *Colletotrichum*.

Colletotrichum gloesporioides é patógeno de espécies próximas à Cagaita, tais como Araça-boi (*Eugenia stipitata*), causando lesões nos frutos (STERLING-CUELLAR et al., 2015). As espécies de *Colletotrichum* são reconhecidas como patógenos de um largo espectro, ou seja, podem atacar diferentes plantas, em particular seus frutos (PHOULIVONG, 2012).

Dos fungos isolados, apenas os gêneros *Colletotrichum* e *Fusarium* causarão sintomas de doenças nas plântulas de Tingui, confirmando sua patogenicidade, como pode-se observar na Tabela 6. A patogenicidade é confirmada por meio dos Postulados de Koch. *Colletotrichum* causa manchas foliares que aparecem quatro dias após inoculação (Figura 4a), enquanto *Fusarium* sp. provoca a murcha e morte das plântulas (Figura 4b). De acordo com a literatura consultada, não se encontrou registros destes fungos como sendo patogênico a planta de *Magonia pubescens*.

Tabela 6. Patogenicidade a plântula de fungos transmitidos via horizontal e vertical associados a espécie Tingui

Espécie	Tecido	Patogenicidade ¹
<i>Periconia</i> sp.	Sementes	-
<i>Fusarium</i> sp.	Sementes	+
<i>Fusarium</i> sp.	Raízes	-
<i>Cladosporium</i> sp.	Folhas	-
<i>Colletotrichum</i> sp.	Folhas	+

¹(+) Fungo patogênico (-) Fungo não patogênico.



Figura 4. Detalhes dos sintomas associados aos fungos patogênicos *Colletotrichum* sp. (a.) e *Fusarium* sp. (b.) em mudas de Tingui.

As mudas inoculadas com *Colletotrichum* apresentam manchas foliares após quatro dias. As manchas, de forma arredondada, de cor marrom, iniciaram nas margens das folhas e progrediram para o centro (Figura 4a). Destas manchas, foram isoladas novamente a *Colletotrichum* sp., o que confirma os postulados de Koch.

Estes resultados demonstram a importância de estudar espécies de árvores nativas do Cerrado. Em particular, as doenças em viveiro podem rapidamente se espalhar e comprometer o plantio final. Também é necessário mais estudo sobre a sanidade, armazenamento e o controle alternativo dos fungos associados às sementes e às mudas florestais. Fungos presentes em sementes podem provocar lesões que resultam no enfraquecimento ou morte de espécies de plantas utilizadas na recuperação de áreas degradadas como é o caso da Cagaita e o Tingui.

Conclusão

Houve diversidade da microflora associada às sementes de Cagaita e Tingui. Os fungos com maior incidência nas sementes dessas espécies foram *Penicillium* sp. e *Aspergillus niger*, os quais não foram eliminados pela assepsia.

A assepsia pode ser utilizada para diminuir a incidência de fungos em sementes de Cagaita. Porém, em sementes de Tingui, mesmo tendo uma diminuição da incidência fúngica com esse tratamento, não foi recomendada, pois as sementes de Tingui apresentaram camadas protetoras e antifúngicas e a assepsia poderá comprometer essas proteções.

Os fungos identificados como patógeno para a Cagaita, foram *Curvularia* sp. que causaram manchas foliares. O fungo *Colletotrichum* sp. também causou patogenicidade na Cagaita, tanto nas folhas, como nos frutos.

Para Tingui, foram patogênicos os fungos *Colletotrichum* sp., causando manchas foliares e *Fusarium* sp. causando murcha das mudas até a morte.

Referências

- ANDRADE, A. C. S.; CUNHA, R.; SOUZA, A. F.; REIS, R. B.; ALMEIDA, K. J. Physiological and morphological aspects of seed viability of neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. *Seed Science & Technology*, v.31, n.1, p.125-137, 2003.
- ARANTES, C. R. A.; FAVA, C. L. F.; CAMILI, E. C.; SCARAMUZZA, L. M. P. Germination and vigor of seeds of *Magonia pubescens* A. St.-Hil. submitted to storage and pre-imbibition in water. *Journal of Seed Science*, v.39, n.4, p.344-352, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Manual de análise sanitária de sementes. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 200p.
- CAMILO, Y. M. V.; SOUZA, E. R. B.; VERA, R.; NAVES, R. V. Fenologia, produção e precocidade de plantas de *Eugenia dysenterica* visando melhoramento genético. *Revista de Ciências Agrárias*, v.36, n.2, p.192-198, 2013.
- CONSOLARO, H.; ALVES, M.; FERREIRA, M. C.; VIEIRA, D. L. M. Sementes, plântulas e restauração no sudeste goiano. *Catalão. Athalaia*. Brasília, DF, 2019. 108p.
- CEPF. Critical Ecosystem Partnership Fundation. Perfil do Ecossistema Hotspot de Biodiversidade do Cerrado. 2017. Disponível em: <https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/cerrado>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.
- DELGADO, L. F.; BARBEDO, C. J. Water potential and viability of seeds of *Eugenia* (Myrtaceae), a tropical tree species, based upon different levels of drying. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.55, n.4, p.583-590, 2012.
- DHINGRA, O.; LUSTOSA, D. C.; MAIA, C.; MESQUITA, J. B. Seedborne fungal pathogens of jacaranda (*Dalbergia nigra*) tree. *Seed Science and Technology*, v.31, n.2, p.341-349, 2003.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Desenvolvimento inicial e nutrição da cagaita em áreas de Cerrado degradado. *Embrapa Cerrados*. Planaltina, 2007. 24p.
- EMBRAPA. Banco de Dados - Fungos Relatados em Plantas no Brasil. 2010. Disponível em: <http://pragawall.cenargen.embrapa.br/aiqweb/michtml/fichafg.asp?id=2602>. Acesso em: 10 de maio de 2020.
- GORIN, P. A. J.; TEIXEIRA, A. Z. A.; TRAVASSOS, L. R.; LABOURIAU, M. L. S.; LACOMINI, M. Characterization of carbohydrate components of an unusual hydrogel formed by seed coats of *Magonia pubescens* (Tingui). *Carbohydrate Research*, v.282, n.2, p.325-333, 1996.
- JEROMINI, T. S.; SCALON, S. P. Q.; FERREIRA, S. T. S.; FACHINELLI, R.; FILHO, H. S. Armazenamento de sementes e sombreamento na emergência e crescimento inicial das mudas de *Magonia pubescens* A. St.-Hil. *Revista Árvore*, v.39, n.4, p.683-690, 2015.
- KLINK, C.; MACHADO, R. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

- KUHLMANN, M. Frutos e sementes do cerrado atrativos para fauna: guia de campo. Rede de Sementes Cerrado. 2012. Disponível em: <http://rededesementesdocerrado.com.br>. Acesso em: 20 de julho de 2020.
- LIMA, Y. B. C.; DURIGAN, G.; SOUZA, F. M. Germinação de 15 espécies vegetais do cerrado sob diferentes condições de luz. *Bioscience Journal*, v.30, n.6, p.1864-1872, 2014.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. 384p.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5a. ed. Nova Odessa, SP, Brasil: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2008. 382p.
- MARTINOTTO, C.; PAIVA, R.; SOARES, F. P.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C. Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). Lavras: Editora UFLA, 2008. 21p.
- MAYER, A. M.; STAPLES, R. C.; GIL-AD, N. L. Mechanisms of survival of necrotrophic fungal plant pathogens in hosts expressing the hypersensitive response. *Phytochemistry*, v.58, n.1, p.33-41, 2001.
- MAPA. Ministério do Meio Ambiente. Espécies nativas da flora Brasileira de valor econômico atual ou potencial - plantas para o futuro - Região Centro Oeste. Brasília. 2016. 160p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. O Bioma Cerrado. 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 15 de março de 2021.
- MUNIZ, M. F. B.; SILVA, L. M.; BLUME, E. Influência da assepsia e do substrato na qualidade de sementes e mudas de espécies florestais. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.1, p.140-146, 2007.
- OLIVEIRA, C. M. R.; LACOMINE, M.; ALQUINI, Y.; GORIN, P. A. J. Microscopic and NMR analysis of the external coat from seeds of *Magonia pubescens*. *New Phytologist*, v.152, n.3, p.501-509, 2001.
- OLIVEIRA, M. C.; OGATA, R. S.; ANDRADE, G. A.; SANTOS, D. S.; GUIMARÃES, T. G.; SILVA JUNIOR, M. C.; PEREIRA, D. J. S.; RIBEIRO, J. F. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. Editora Rede de Sementes do Cerrado. Brasília, 2016. 124p.
- OLIVEIRA, B.; REIS, S. M.; MORANDI, P. S.; VALADÃO, M. B. X.; OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Germinação das sementes e desenvolvimento de mudas de *Magonia pubescens* A.St.-Hil. (Sapindaceae) sob diferentes intensidades de sombreamento. *Scientia Forestalis*, v.44, n.112, p.905-916, 2016.
- OLIVEIRA, C. F.; OLIVEIRA, D. C.; PARISE, J. J. D.; BARBEDO, C. J. Deterioração de sementes de espécies brasileiras de *Eugenia* em função da incidência e do controle de fungos. *Revista Brasileira de Sementes*, v.33, n.3, p.520-532, 2011.
- PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, v.18, n.4, p.561-568, 2015.
- PINHEIRO, C. G.; LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; REDIN, C. G.; SANTOS, M. V. Efeito da assepsia superficial na germinação e incidência de fungos em sementes de espécies florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.36, n.87, p.253-260, 2016.

- PHOULIVONG, S. Cross infection of *Colletotrichum* species; a case study with tropical fruits. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, v.2, n.2, p.99-111, 2012.
- SALES, N. I. S.; LEÃO, E. U.; GIONGO, M.; SANTOS, G. R. Patogenicidade e transmissão de fungos associados às sementes de *Tectona grandis* L. *Ciência Florestal*, v.28, n.3, p.970-978.
- SANO, S. M.; FONSECA, C. E. L.; RIBERIO, J. F.; OGA, F. M.; LUIZ, A. J. B. Folhação, floração, frutificação e crescimento inicial da cagaiteira em Panaltina, DF. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.1, p.5-14, 1995.
- SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade do solo em áreas degradadas de cerrado. *Ciência Florestal*, v.21, n.2, p.289-301, 2011.
- SCHMIDT, L. H. Seed Storage. In: *Tropical Forest Seed*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. p.143-197.
- SILVEIRA, C. E. S.; PALHARES, D.; PEREIRA, L. A. R.; PEREIRA, K. D. B. Strategies of plant establishment of two Cerrado species: *Byrsonima basiloba* Juss. (Malpighiaceae) and *Eugenia dysenterica* Mart. ex DC (Myrtaceae). *Plant Species Biology*, v.28, n.2, p.130-137, 2013.
- SIMEÃO, C. M. G.; SILVEIRA, F. A.; SAMPAIO, I. B. M.; BASTOS, E. M. A. F. Pollen analysis of honey and pollen collected by *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae), in a mixed environment of *Eucalyptus* plantation and native cerrado in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v.75, n.4, p.821-829, 2015.
- SINGH, S. P. Guava (*Psidium guajava* L.). In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Elsevier, 2011. Cap. 10, p.213-246.
- STERLING-CUELLAR, A.; VINASCO-SANDOVAL, G. T.; MARTINEZ-COTACIO, C. A.; GARZON-GOMES, M. T.; PERDOMO-ROJAS, L. T.; PARRA-RAMOS, N. C.; CALDERON-ROSAS, B. M. Caracterización de daños histológicos ocasionados por hongos patógenos aislados del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*). *Momentos de Ciência*, v.2, n.2, p.70-74, 2015.
- TEIXEIRA, A. Z. A. Evaluation of powder properties from the seed coat of tingui (*Magonia pubescens*) as an excipient for seed pelleting. *Estudos de Biologia*, v.29, n.67, p.171-178, 2007.
- WATANABE, T. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*, 3. ed: CRC Press, 2010. 486p.

AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA

Paulo Roberto Megna Francisco

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

Viviane Farias Silva

Dra. Profa. Associada, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

Djail Santos

Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdjail@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-2207-3115>

George do Nascimento Ribeiro

Dr. Prof. Associado, CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

Gypson Dutra Junqueira Ayres

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fgypsond@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-1959-1424>

Luciano Marcelo Fallé Saboya

Dr. Prof. UEAG, UFCG, Campina Grande-PB, lsaboya@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-7586-6867>

Introdução

Os alimentos básicos, fonte de carboidratos e de proteínas de origem vegetal são grãos, raízes e tubérculos, oleaginosas e frutas, onde os mais importantes são os grãos, principalmente arroz, trigo, milho, centeio, sorgo, cevada, milho e triticale, que ocupam uma grande área de cultivos, responsáveis por 66% da alimentação mundial e largamente produzido em vários países, desde os tempos mais remotos. Dos alimentos raízes e tubérculos o mais importante é a mandioca, com área colhida mundial de mais de 18 milhões de hectares (SCOLARI, 2006).

Historicamente, as populações que sobrevivem no Semiárido brasileiro estão submetidas a vulnerabilidades de ordem climáticas, econômicas e sociais. Essas dificuldades são maiores para os agricultores familiares, que têm a difícil tarefa de cultivar a terra em ambiente cuja característica predominante é a pluviometria irregular, temporal e espacialmente, além da ocorrência de solos rasos, com afloramento do cristalino, temperaturas elevadas e também o uso histórico de técnicas rudimentares de cultivos, além dos descasos do poder público (DUQUE, 1980; CIRILO et al., 2010; BUAINAIN & GARCIA, 2013).

Os solos localizados em regiões semiáridas e áridas foram, por muito tempo, considerados inviáveis para agricultura e, conseqüentemente, à margem do aproveitamento econômico. Porém, grande parte da população humana depende do que as terras semiáridas e áridas sejam incorporadas ao processo produtivo (BRASIL, 2005).

O Brasil por ser um país continental e possuir condições adequadas para o desenvolvimento agrícola, e devido a sua grande extensão territorial, é comum que ocorra adversidades climáticas que podem afetar direta ou indiretamente a produção agrícola (MAPA, 2008). O clima e os solos comprometem o desempenho da produção agrícola, principalmente das lavouras alimentares de sequeiro (ARAÚJO & SANTOS, 2009).

De acordo com Costa Filho (2019), essa sinergia de fatores faz com que a produtividade dependa da fertilidade natural dos solos, quase sempre muito baixa, e da incidência de chuvas em quantidades e períodos adequados, o que torna os agricultores vulneráveis. As fragilidades desse sistema de produção se refletem nas oscilações das áreas colhidas, produções, produtividades e dos preços e rendas associados a essas atividades.

Os cultivos de sequeiro da maioria dos agricultores pobres dependem diretamente dos recursos naturais. Lavouras de feijão, mandioca e milho cultivadas por agricultores familiares nesse regime nos estados de forte inserção de áreas no Semiárido são dependentes da distribuição espacial e temporal das chuvas (FISCHER et al., 2002; PEREIRA, 2018).

Silva et al. (2002), afirmam que a produtividade de culturas em sistema de sequeiro é altamente dependente das interações entre suas fases fenológicas e as variações interanuais do tempo e clima. Toda cultura plantada nesse sistema depende, inevitavelmente, da quantidade, da distribuição e da intensidade das chuvas.

De acordo com a AESA (2009), a bacia do rio Paraíba conta com açudes como o Epitácio Pessoa, no município de Boqueirão e Acauã, no município de Itatuba, configurando em um dos mais importantes reservatórios de água do Estado, sendo utilizada para abastecimento público, irrigação, entre outras atividades econômicas.

Andrade e Ogliari (2013), afirmam que qualquer trabalho de análise estatística se inicia com a análise descritiva de dados, com o objetivo de obter conhecimento sobre eles. Em muitos casos, com uma boa análise descritiva de dados, atendem-se os objetivos da pesquisa, principalmente em estudos realizados através de levantamentos, enquanto em outros, serve como uma primeira aproximação da

análise final. Ainda de acordo com os autores, a estatística descritiva trata da organização, apresentação, resumo e exploração dos dados, a qual permite adquirir um bom conhecimento e senso crítico sobre os dados observados, ajudando a responder os objetivos da pesquisa.

De acordo com Silvestre (2007), é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados através de indicadores sintéticos ou sumários, ou ainda, conforme Fonseca e Martins (1996) se constituem num conjunto de técnicas que objetivam descrever, analisar e interpretar os dados numéricos de uma amostra. Conforme Montgomery e Runger (2012) são organizar e resumir os dados em maneiras que facilitem sua interpretação e análise subsequente.

Portanto, este trabalho objetiva realizar para a bacia hidrográfica da região do médio curso rio Paraíba, o estudo e mapeamento da produção agrícola e sua distribuição utilizando sistema de informação geográfica com aplicação de análise estatística multivariada.

Material e Métodos

A área de estudo compreende a região do médio curso do rio Paraíba com área de 379.406,37 ha localizada no Estado da Paraíba, considerada a 6ª maior bacia (Figura 1), composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro.

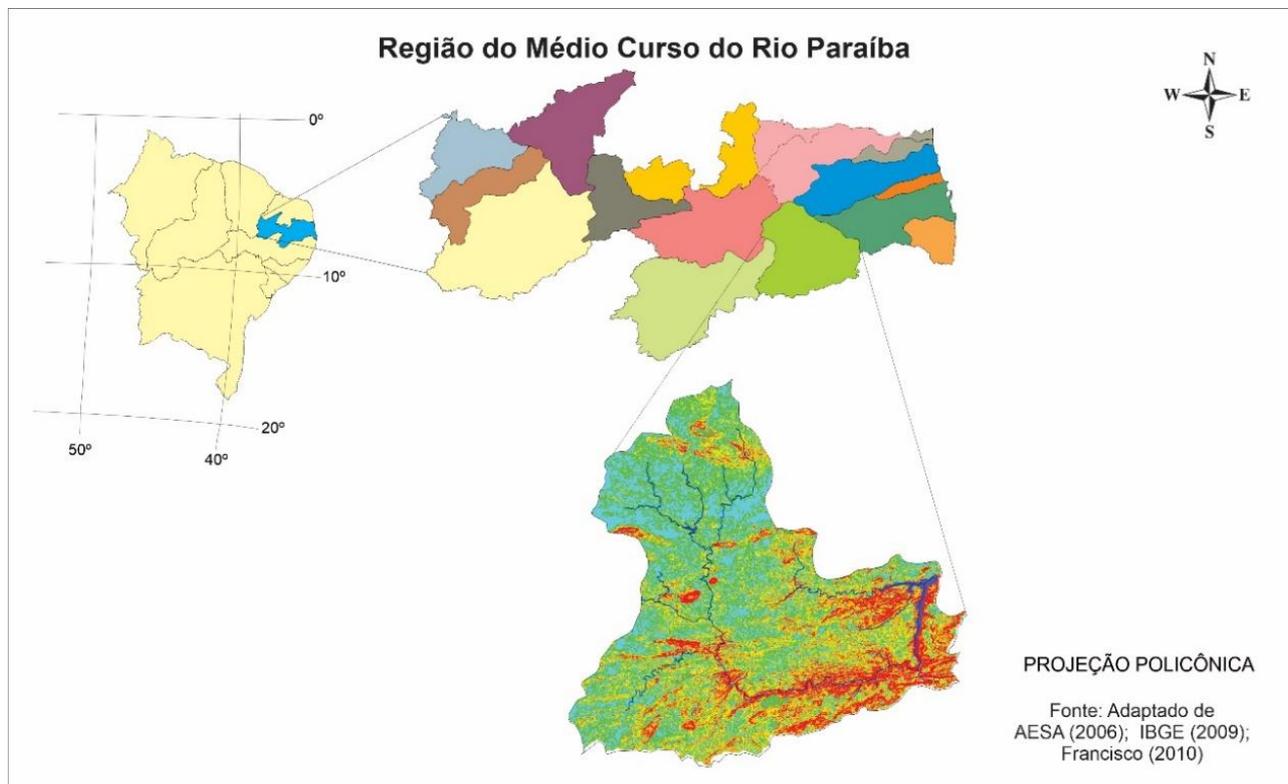


Figura 1. Localização da área de estudo e declividade.

Fonte: Adaptado de Francisco (2010); PARAÍBA (2006); IBGE (2009).

Conforme Francisco (2010), a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. Nesta região as chuvas são formadas pelas massas atlânticas trazidas pelos ventos alísios de sudeste, e a altitude de 600 m nos pontos mais elevados dos contrafortes do Planalto. A precipitação decresce do litoral para o interior da região (600 mm.ano⁻¹) devido, principalmente, a depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m).

A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila (FRANCISCO, 2010). Os solos predominantes na área de estudo, conforme PARAÍBA (1978) são os Brunos Não Cálcicos e os solos Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, como também os Vertisols, com maior ocorrência no centro da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa, e os Solonetz Solodizado na região de Campina Grande, estes reclassificados para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos por Campos e Queiroz (2006) como Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e como Vertissolo Cromado Órtico típico, Planossolo Nátrico Órtico típico, respectivamente (Figura 2).

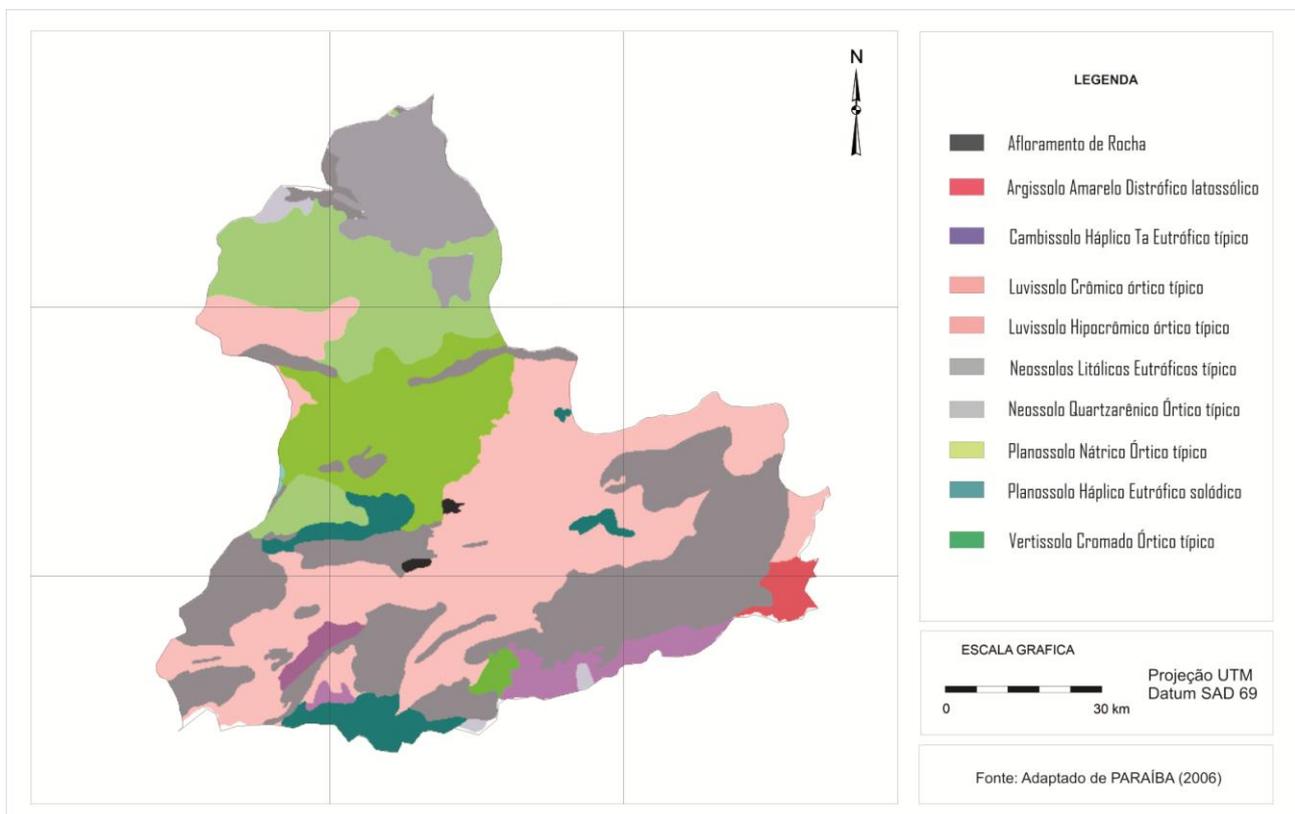


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Francisco et al. (2015) afirmam que, estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à

morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características, justificada pelo fato de que, no semiárido o tipo de solo determina a dinâmica da água quanto à drenagem, retenção ou disponibilidade, condicionando, por conseguinte os sistemas de produção agrícola.

Foram obtidos dados do Censo Agropecuário disponibilizado pelo IBGE (2021) da produção agrícola municipal que contemplam estabelecimentos agrícolas e as culturas e suas áreas cultivadas. Após, utilizando o SIG SPRING 5.5 foram classificados e gerados mapas para as culturas identificadas e calculadas a distribuição. Utilizando o XLSTAT® foi realizada estatística descritiva.

Resultados e Discussão

Por este estudo identificam-se com maior produção as culturas da abóbora, feijão comum, feijão fava, mandioca, milho, milho forrageiro, palma, sorgo e sorgo forrageiro.

As áreas produtivas da abóbora (*Cucurbita moschata*) (Figura 3) estão representadas pelo município de Campina Grande em 173 ha seguido por Queimadas com 145 ha, ambos próximos ao açude de Epitácio Pessoa, e por Natuba, localizada próxima ao açude Acauã com 24 ha, representando 1,18% da área total produtiva da bacia (Tabela 1).

Tabela 1. Culturas temporárias - parte 1

Município	Área produção	Cultura temporária (ha)							
		Abóbora	%	Fava	%	Feijão	%	Mandioca	%
Aroeiras	3.110	32	1,03	216	6,95	1.406	45,21	2	0,06
Alcantil	1.226	1	0,08	-	-	9	0,73	-	-
Barra de Santana	3.467	10	0,29	3	0,09	111	3,20	-	-
Boa Vista	1.447	-	-	-	-	12	0,83	-	-
Boqueirão	1.539	-	-	-	-	21	1,36	-	-
Barra de São Miguel	872	1	0,11	-	-	45	5,16	-	-
Campina Grande	3.893	173	4,44	175	4,50	1.549	39,79	13	0,33
Caturité	1.556	-	-	-	-	47	3,02	-	-
Fagundes	1.618	3	0,19	68	4,20	1.020	63,04	2	0,12
Gado Bravo	2.866	7	0,24	19	0,66	407	14,20	-	-
Itatuba	1.908	11	0,58	58	3,04	399	20,91	1	0,05
Montadas	2.140	18	0,84	27	1,26	704	32,90	46	2,15
Natuba	1.058	24	2,27	98	9,26	180	17,01	18	1,70
Queimadas	5.935	145	2,44	172	2,90	2.394	40,34	1	0,02
Pocinhos	5.934	3	0,05	11	0,19	563	9,49	11	0,19
Puxinanã	1.745	25	1,43	42	2,41	1.080	61,89	137	7,85
Riacho de Sto. Antonio	286	-	-	-	-	-	-	-	-
Sta. Cecília	1.466	14	0,95	12	0,82	313	21,35	-	-
Umbuzeiro	1.319	44	3,34	55	4,17	284	21,53	-	-
Total	43.385,00	511,00	1,18	956,00	2,20	10.544,00	24,30	231,00	0,53

Fonte: adaptado de IBGE (2021).

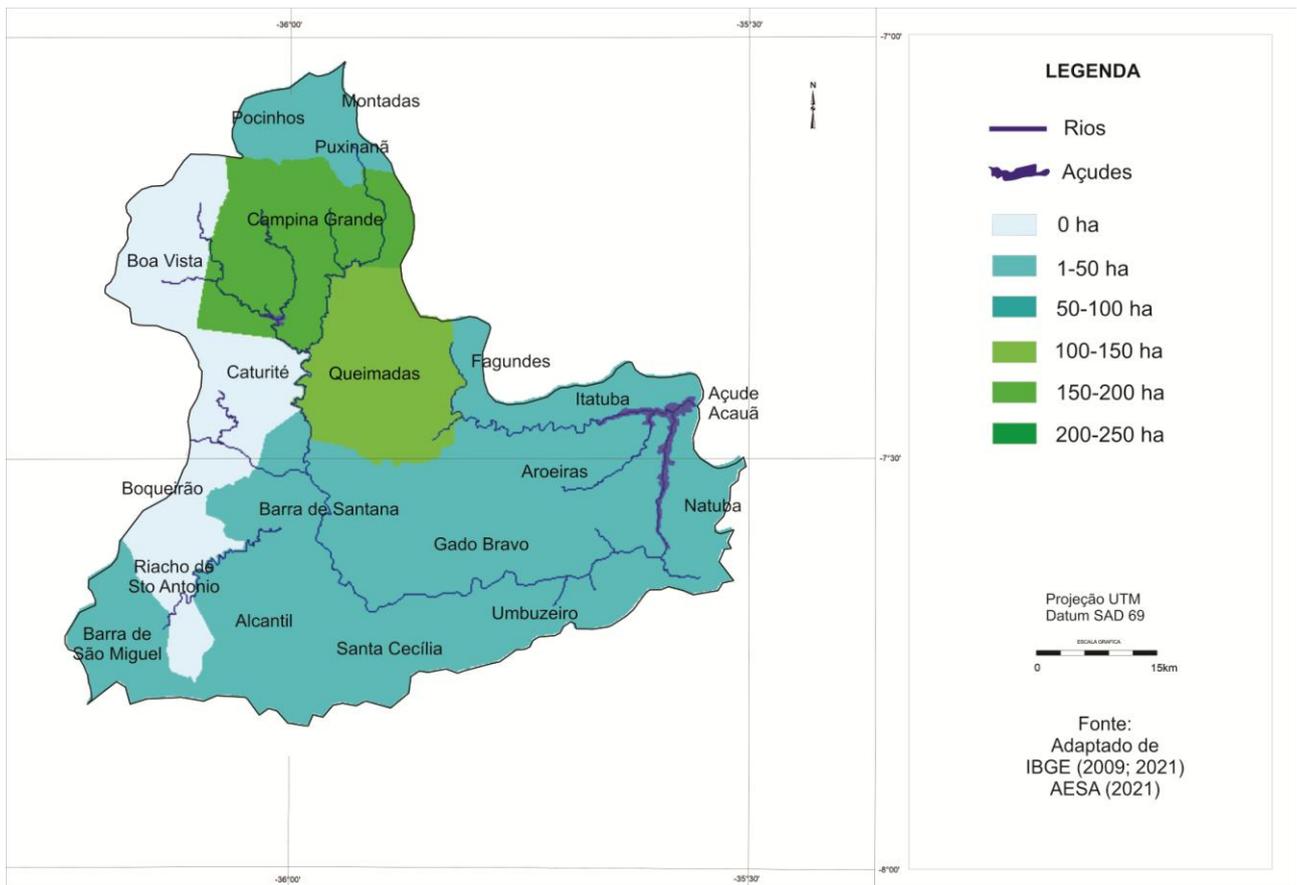


Figura 3. Municípios produtivos da abóbora.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

As áreas identificadas para a abóbora nos municípios de Campina Grande e Queimadas estão sob os Neossolos Litólicos Eutróficos típico, Vertissolo Cromado Órtico típico e em Planossolo Nátrico Órtico típico. Para os Neossolos, Cavalcante et al. (2005) afirmam que estes, apresentam baixas condições para um aproveitamento agrícola racional, tendo em vista as limitações fortes existentes, provocadas pelo relevo forte ondulado, pedregosidade, rochiosidade e reduzida profundidade dos solos, além da deficiência de água que só permite a presença de culturas resistentes à estiagem. Só é possível a exploração destes solos pelos sistemas primitivos de agricultura já existentes.

Estas restrições dos solos talvez tenham influenciado o cultivo da abóbora na região devido a profundidade de cultivo ser mínima em relação a outras culturas. A produção de abóboras no Brasil teve uma produtividade média de $4,4 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2012) onde os estados do Nordeste representaram 24,1% da produção nacional, sendo difundida na região, onde é considerada cultura de subsistência (CARMO et al., 2011).

Para a cultura do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) (Figura 4) identifica-se, produção próxima ao açude Acauã, nos municípios de Campina Grande e Queimadas em 175 e 172 ha, respectivamente; ao sudeste em Natuba, Umbuzeiro e Aroeiras em 98; 55 e 216 ha, respectivamente, com valores totais para o feijão-fava representando 2,20% da área total da bacia. As áreas de Natuba, Umbuzeiro e Aroeiras estão sob os Luvisolos Crômicos órtico típico e Neossolos Litólicos Eutróficos típico que

conforme Cavalcante et al. (2005), para os Luvissoles no caso de utilização agrícola, faz-se necessária, principalmente, a escolha de áreas de menor declividade, tomando algumas medidas como controle da erosão, considerando-se também que a limitação pela falta d'água é forte.

Pode-se observar nos resultados obtidos por Francisco et al. (2016), que quanto a pluviosidade, estes municípios apresentam respectivamente, média anual de 519,5; 600,9 e 793,1mm, pois a cultura necessita em torno de 500mm durante seu ciclo para produção. Por este trabalho identifica-se que para o feijão-fava a produção total é de 956 ha.

De acordo com Morais e Freire (2018), em 2011, a região de Campina, Boa Vista, Fagundes, Puxinanã e Queimadas, Itatuba, Umbuzeiro, Aroeiras, Gado Bravo, Natuba e Santa Cecília, apresentaram uma área colhida superior a 1.000 ha, tendo a região de Campina Grande atingido mais de 2 mil hectares, em média, e, no ano de 2011, ultrapassado os 3.100 ha colhidos. Portanto, por este trabalho observa-se que ocorre uma perca na produção de 50% comparada com o ano de 2011, onde a queda de produção pode ser atribuída à irregularidade das chuvas ocorridas na região.

Freitas (2013), utilizando o Censo Agropecuário Parcial do IBGE de 2011 observou um destaque para a lavoura do feijão-fava para os municípios de Campina Grande e região, demonstrando a prática tradicional do cultivo nestas áreas e sua produção atual.

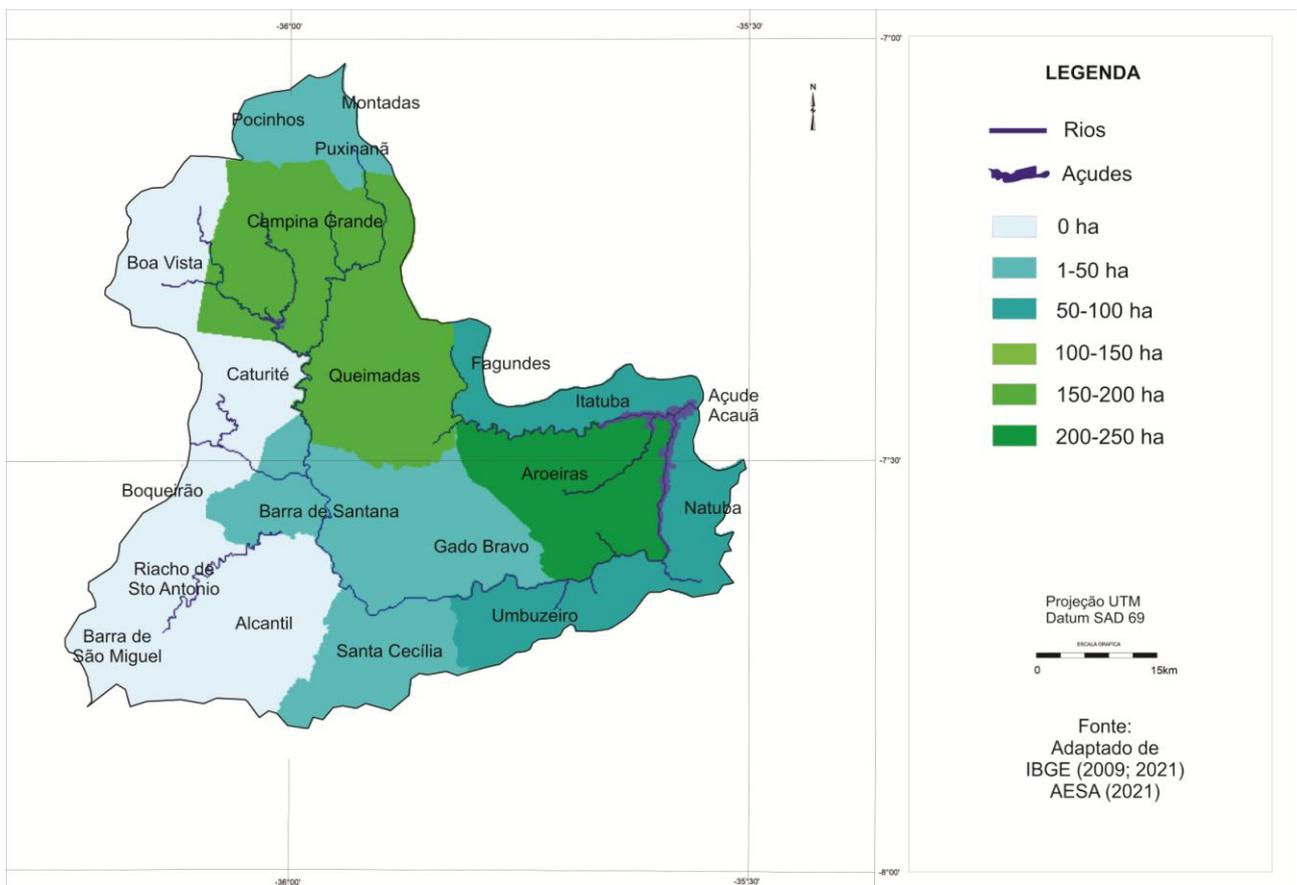


Figura 4. Municípios produtivos da fava.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

Para as áreas identificadas de produção da cultura o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) (Figura 5), o município de Puxinanã apresenta 1.080 ha seguido de Campina Grande e Queimadas com 1.549 e 2.394 ha, respectivamente, ambos localizados ao norte e noroeste da bacia. O município de Aroeiras, próximo ao açude Acauã apresenta 1.406 ha, com isso totalizando para a bacia 24,30% do total.

O município de Puxinanã está localizado sob Neossolos Regolítico, onde as principais limitações à sua utilização agrícola são a baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, determinada pela sua textura arenosa, que inclusive dificulta as práticas de adubação que visam a ser feitas. São solos muito susceptíveis à erosão, principalmente quando revolvidos. (CAVALCANTE et al., 2005). EMBRAPA (2016) afirma que, o feijoeiro é bastante sensível as condições de fertilidade dos solos. Os solos propícios para sua cultura devem ter boas condições físicas, fertilidade média a alta e teor razoável de matéria orgânica. Desde que as condições nutricionais sejam satisfatórias, seu cultivo pode ser realizado em solos de textura desde arenosa até argilosa.

Esta cultura necessita em torno de 500mm durante seu ciclo para produção e pode-se observar que, quanto a pluviosidade, conforme Francisco et al. (2016), estes municípios apresentam respectivamente, média anual de 657,7; 478,7 e 875,4mm. Confirmando que estes municípios são aptos ao cultivo quanto ao clima.

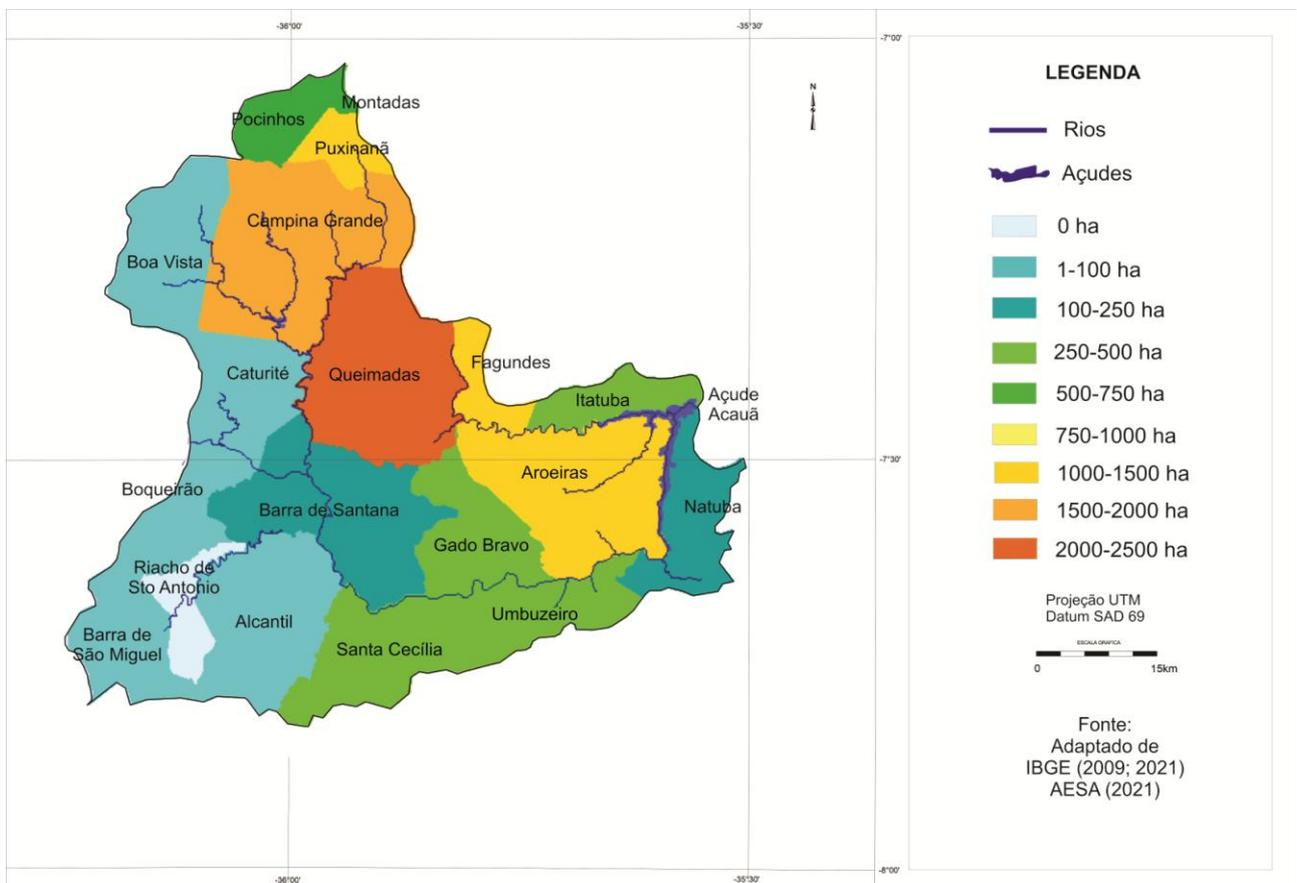


Figura 5. Municípios produtivos de feijão.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

Pelos resultados obtidos observa-se que a produção é realizada em 10.544 ha, e de acordo com Morais e Freire (2018), em 2011 o destaque de maior produção média foi para a região de Campina Grande, que teve uma área colhida de 10.159 ha. Portanto resultado similar a este trabalho indicando a manutenção da produção na região da bacia.

O cultivo da mandioca (*Manihot esculenta*) apresenta-se pouco representativa na bacia em estudo com maior produção no município de Puxinanã em 137 ha representado somente 0,53% da área total da bacia em estudo (Figura 6).

A área total de produção observada é de 231 ha, incipiente em relação ao ano de 2014 representando somente 5,57% em relação aos dados observados por Morais e Freire (2018) que foram em média de 4 mil hectares de área de produção na região, que no caso já apresentava uma redução de área em comparação entre 2011-2014 em 20,7%.

Esta diminuição do uso das áreas produtivas talvez se deva a cultura da mandioca apresentar um ciclo longo de 420 a 480 dias e necessitar de 1.000 a 1.500mm de chuva para sua produção, e a média observada por Francisco et al. (2016) ser na região de 648,8mm, portanto insuficiente, e devido a escassez hídrica e os agricultores necessitarem de recursos mais rápidos, há, portanto a probabilidade de terem migrado para o cultivo de outras culturas comuns na região.

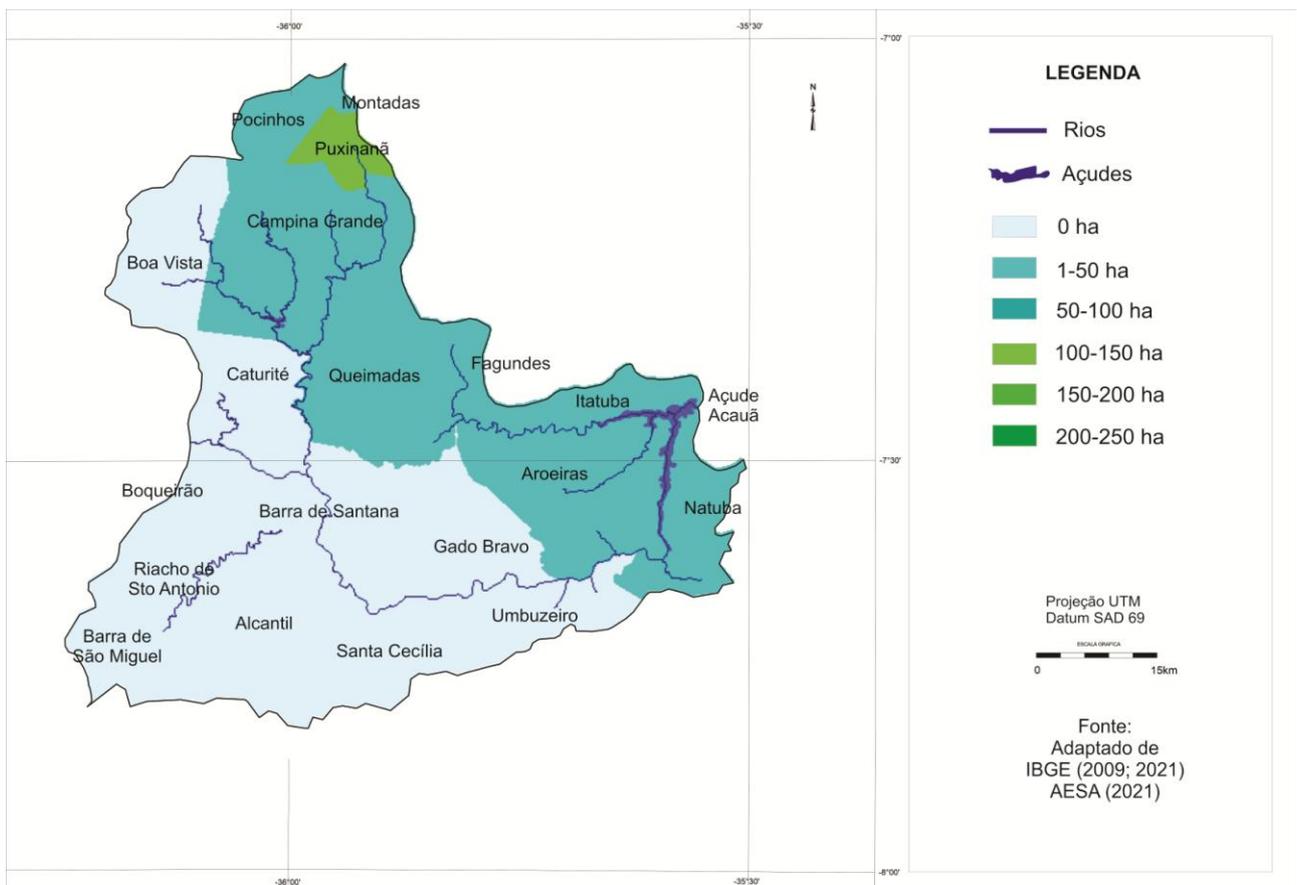


Figura 6. Municípios produtivos da mandioca.
Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

A cultura do milho (*Zea mays*) está distribuída em um total de área de 7.792 ha (17,96%) (Figura 7), com destaque para Puxinanã, Queimadas, Campina Grande e Fagundes, localizado ao noroeste da bacia, com 4.1.98 ha, e ao leste da bacia, e próximo a Acauã em 2.158 ha nos municípios de Aroeiras, Itatuba, Natuba e Umbuzeiro (Tabela 2). Observa-se que pelos resultados obtidos por Francisco et al. (2016), que estes municípios produtivos apresentam pluviosidade acima de 500mm exigidos pela cultura do milho, o que justifica a sua produção quanto a localização na bacia hidrográfica.

Morais e Freire (2018) em seu estudo afirmam que, em 2011 na mesma região, o milho era produzido em 31.729 ha, já em 2012 ocorreu uma queda de 70% na área cultivada, Essa queda ocorreu, muito provavelmente, em decorrência das poucas e irregulares chuvas ocorridas em 2012, apresentando uma média entre 2011-2014 de 19.327 ha.

Silva et al. (2012), afirmam que quanto ao clima, os fatores que afetam o crescimento da cultura de milho variam com a região. Nas regiões temperadas e subtropicais, a limitação maior se deve à temperatura do ar e a radiação solar. No Nordeste, destacam-se a precipitação, a temperatura e a evapotranspiração, pois afetam as atividades fisiológicas, interferindo diretamente na produção de grãos e de matéria seca.

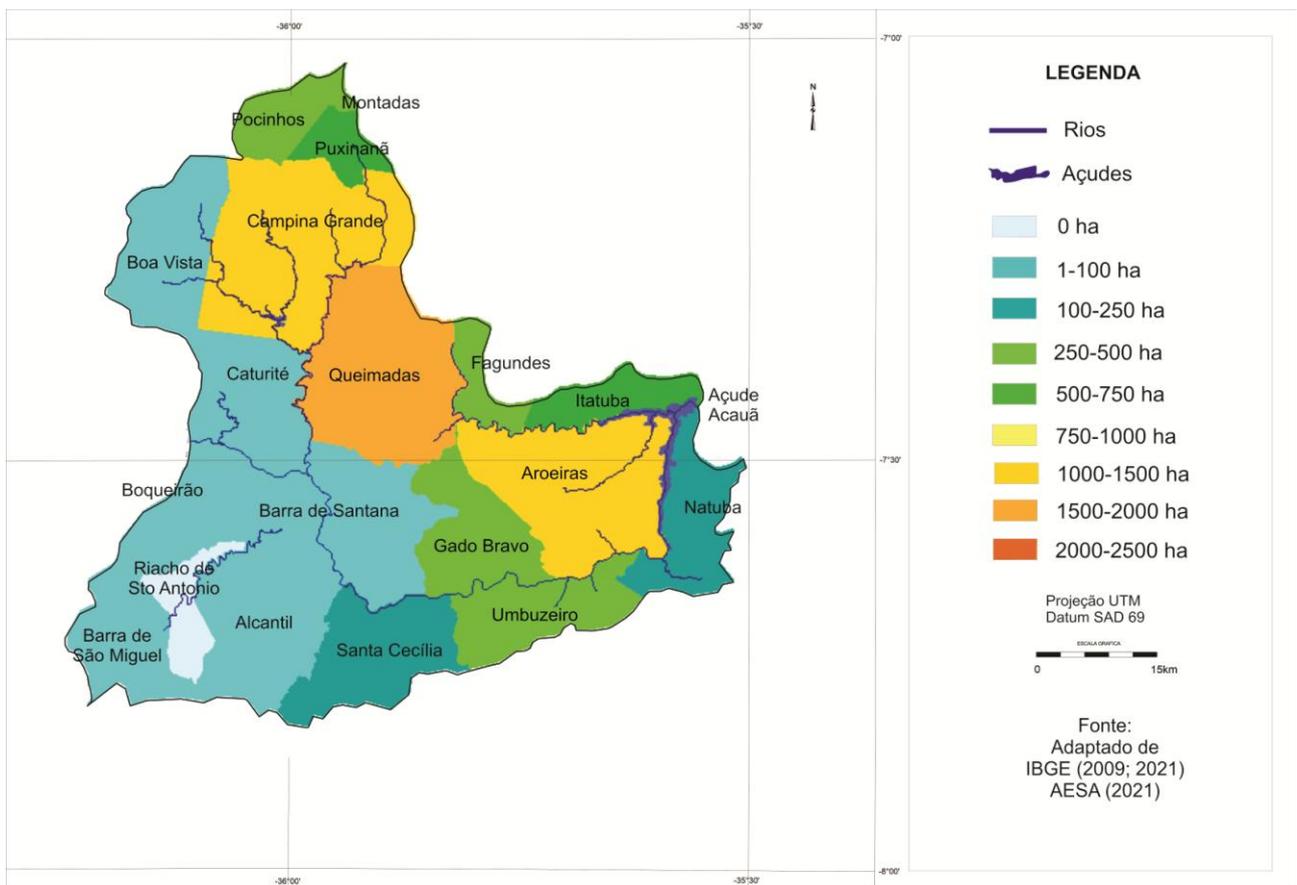


Figura 7. Municípios produtivos de milho.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

Silva et al. (2012) afirmam ainda que, em geral, os principais fatores restritivos dos solos estão relacionados com a pouca profundidade efetiva (Neossolos Litólicos, Planossolos), relevo ondulado a forte ondulado e montanhoso (riscos de erosão), textura arenosa com drenagem excessiva e baixa retenção de água (Neossolos Regolíticos), pedregosidade, rochosidade e, em áreas de baixada, problemas de drenagem deficiente e riscos de salinização (Planossolos e Neossolos Flúvicos).

O milho forrageiro (*Zea mays*) apresenta-se em 1,30% do total da área com destaque para Pocinhos e Queimadas (Figura 8) sob Neossolos Regolíticos e Vertissolo Cromado Órtico típico, estes com limitação ao uso agrícola com forte susceptibilidade à erosão, grande pedregosidade e pequena profundidade dos solos (CAVALCANTE et al., 2005).

Apesar da expansão da produção e cultivo do milho ser afetada pelos baixos níveis de precipitação (LIMA et al., 2016; SILVA et al., 2020), como é o caso das regiões semiáridas e áridas do mundo, muitos agricultores produzem o milho para a ensilagem no período de maior concentração de chuvas, com a finalidade de, em épocas de seca prolongada, utilizar na alimentação dos animais. No semiárido brasileiro, por exemplo, o milho, mesmo não estando nas condições mais favoráveis, possui uma boa produção e grande importância socioeconômica e cultural (LOPES et al., 2019).

Tabela 2. Culturas temporárias - parte 2

Município	Área produção	Cultura temporária (ha)									
		Milho	%	Milho forrageiro	%	Sor-go	%	Sorgo forrageiro	%	Palma forrageira	%
Aroeiras	3.110	1.050	33,76	50	1,61	17	0,55	105	3,38	777	24,98
Alcantil	1.226	4	0,33	-	-	-	-	-	-	6	0,49
Barra de Santana	3.467	93	2,68	85	2,45	-	-	51	1,47	536	15,46
Boa Vista	1.447	34	2,35	5	0,35	-	-	-	-	235	16,24
Boqueirão	1.539	4	0,26	31	2,01	-	-	66	4,29	64	4,16
Barra de São Miguel	872	6	0,69	6	0,69	-	-	12	1,38	-	-
Campina Grande	3.893	1.209	31,06	33	0,85	5	0,13	18	0,46	526	13,51
Caturité	1.556	31	1,99	27	1,74	-	-	362	23,26	30	1,93
Fagundes	1.618	368	22,74	18	1,11	7	0,43	50	3,09	122	7,54
Gado Bravo	2.866	317	11,06	39	1,36	-	-	76	2,65	898	31,33
Itatuba	1.908	635	33,28	26	1,36	8	0,42	170	8,91	61	3,20
Montadas	2.140	397	18,55	19	0,89	-	-	-	-	11	0,51
Natuba	1.058	177	16,73	-	-	-	-	-	-	44	4,16
Queimadas	5.935	1.973	33,24	100	1,68	101	1,70	1.571	26,47	257	4,33
Pocinhos	5.934	342	5,76	106	1,79	-	-	-	-	306	5,16
Puxinanã	1.745	648	37,13	11	0,63	-	-	-	-	30	1,72
Riacho de Sto. Antonio	286	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sta. Cecília	1.466	208	14,19	8	0,55	-	-	-	-	407	27,76
Umbuzeiro	1.319	296	22,44	-	-	32	2,43	24	1,82	545	41,32
Total	43.385,	7.792,0	17,96	564,0	1,3	170,	0,39	2.505,0	5,57	4.855,	11,2

Fonte: adaptado de IBGE (2021).

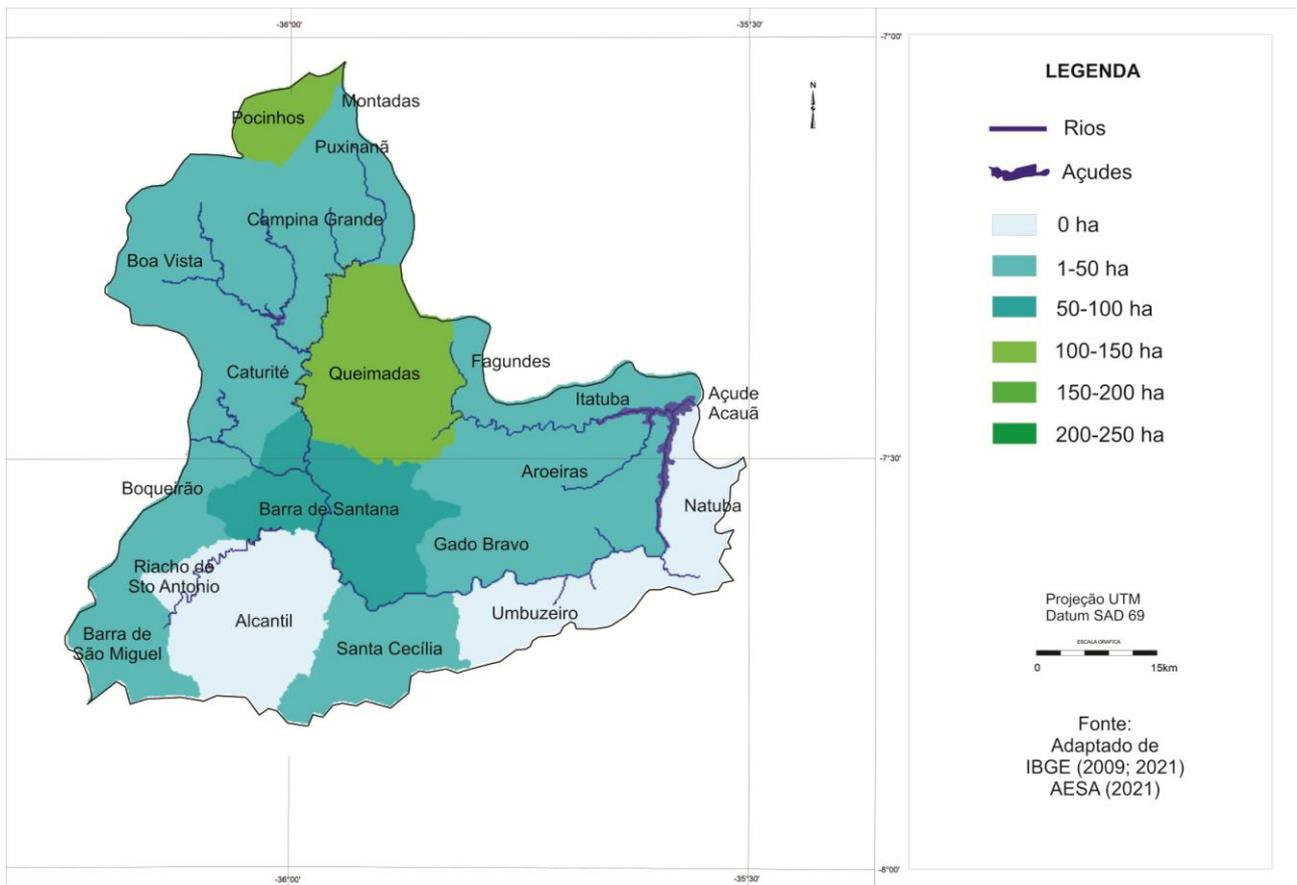


Figura 8. Municípios produtores do milho forrageiro.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

A cultura da palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) (Figura 9) é identificada em 11,19% (4.855 ha) do total da bacia nos municípios de Gado Bravo, Boa Vista, Barra de Santana e Campina Grande em 33,33; 16,24; 15,46; 13,51 ha, respectivamente, localizados ao sudoeste e norte da bacia e Aroeiras e Umbuzeiro próximos a Acauã com 24,98 e 41,32 ha.

Para a produção da cultura da palma forrageira é necessário o mínimo de 400mm anuais que de acordo com Francisco et al. (2016) a pluviosidade destes municípios apresentam-se entre 416,3 a 793,1mm.

Bezerra et al. (2014), realizando o zoneamento de aptidão climática da cultura da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o Estado da Paraíba, constataram que a mesorregião da Borborema, região onde consta a bacia hidrográfica estudada neste trabalho, é a que propicia as melhores condições climáticas para o cultivo desta cactácea. Além do padrão de precipitação predominante estar dentro da faixa de aptidão plena para o cultivo da palma forrageira, outros fatores climáticos também converge para esta condição, tais como a temperatura.

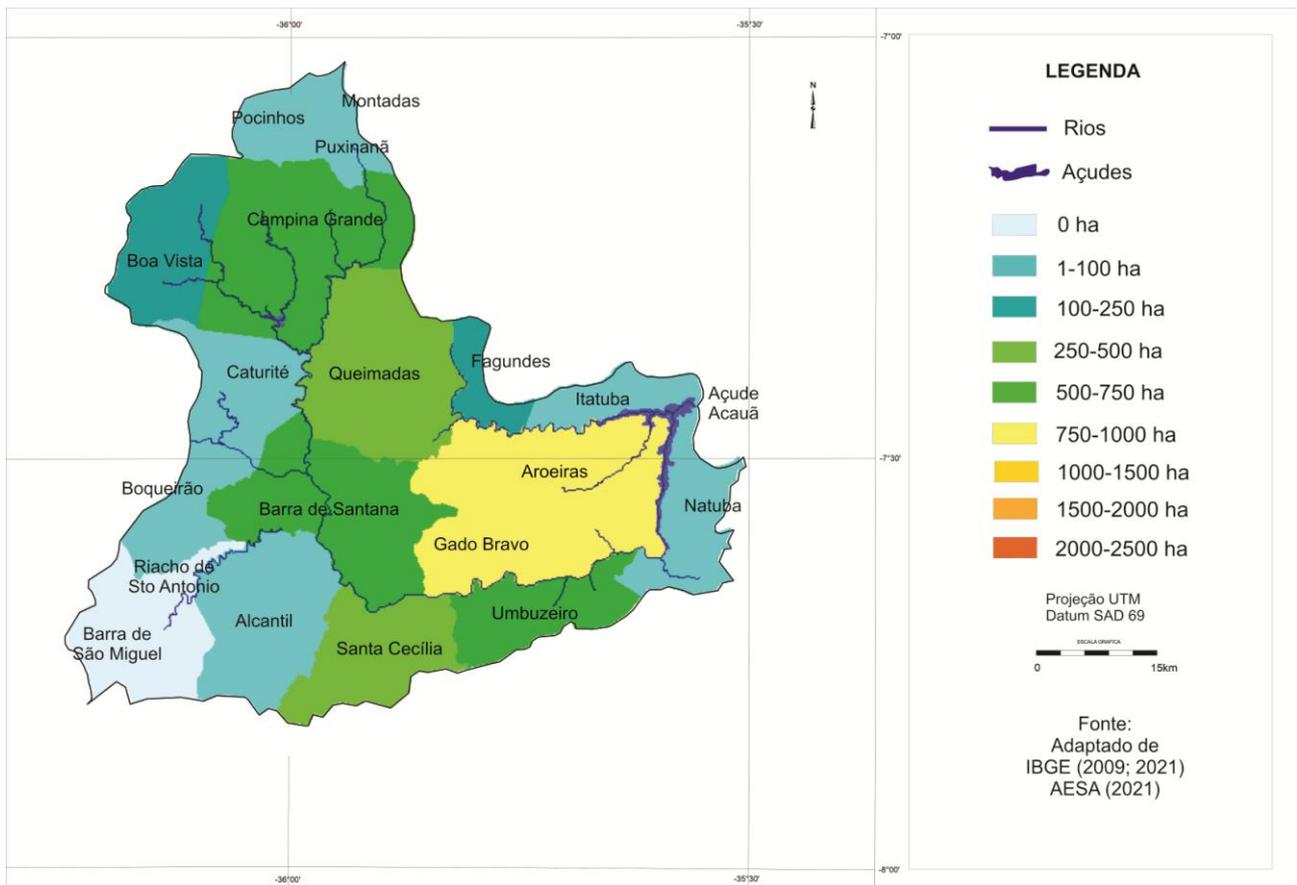


Figura 9. Municípios produtivos da palma forrageira.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

Embora possua uma reconhecida gama de potencialidades, a palma forrageira tem sido cultivada no Semiárido Brasileiro quase exclusivamente para a produção de forragem (SANTOS et al., 2001; ARAÚJO et al., 2005) e de acordo com Bezerra et al. (2014) se tornou, ao longo das décadas, uma das principais alternativas para alimentação dos rebanhos, sobretudo em longos períodos de estiagem, quando as pastagens nativas e outras forrageiras, tais como as gramíneas e leguminosas de elevada exigência hídrica, estão sob fortes condições de estresse hídrico.

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) tem sua representatividade no município de Queimadas com 101 ha representando 0,39% do total da bacia (Figura 10).

De acordo com Francisco et al. (2016) observa-se para o município de Queimadas 478,7mm como média anual e Caturité 800,2mm, e a cultura do sorgo necessita de 400 a 500mm anuais de chuva. Caturité com o dobro da pluviosidade média necessária a produção, mas com somente 25% da produção, com isso podendo ser melhor aproveitada no futuro pelos agricultores.

PARAÍBA (1978) observou que a cultura do sorgo é pouco difundida na agricultura paraibana, e que existem zonas aptas com potencial, e a introdução e maior difusão parece recomendável, podendo ser interessante nas áreas do interior do Estado, representando uma alternativa viável da cultura do milho, onde as condições de aridez se mostram mais severas, e também podendo ser uma

melhoria alimentar na exploração da pecuária, sejam em formas de plantas verdes, seja em forma de grãos.

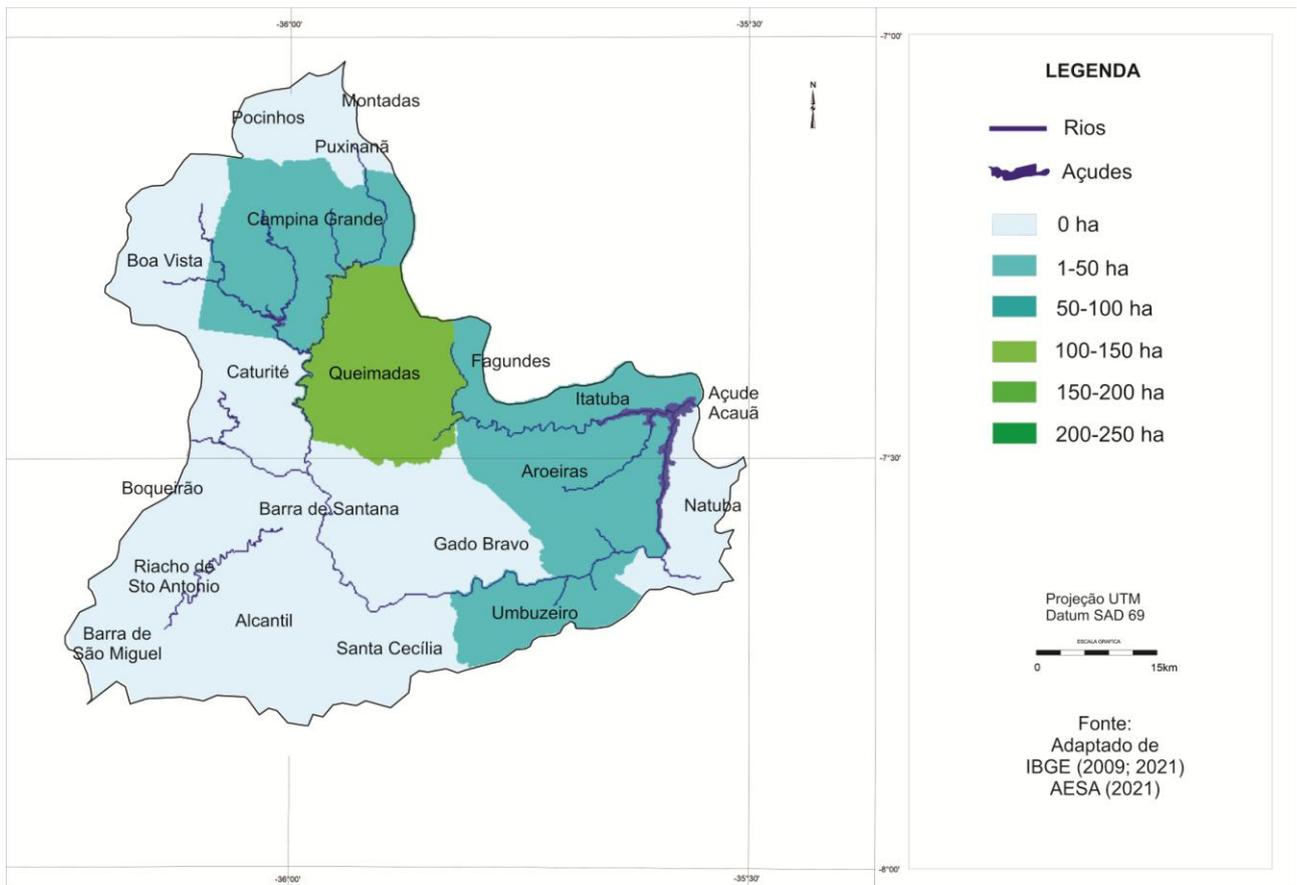


Figura 10. Municípios produtivos do sorgo.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

O Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) (Figura 11) é identificado com maior produção em Queimadas em 1.547 ha e em 362 ha no município de Caturité representando 5,57% da área total da bacia sob Vertissolo Cromado Órtico típico e em Planossolo Nátrico Órtico típico que conforme Cavalcante et al. (2005) com limitações fortes existentes, provocadas pelo relevo forte ondulado, pedregosidade, rochiosidade e reduzida profundidade dos solos.

Francisco et al. (2016) observaram para a região dos municípios de Caturité e Queimadas uma média anual pluvial entre 400 a 800mm, no entanto conforme Schaffert e Ribas (2001) a cultura do sorgo forrageiro produz bem com 350mm de chuva durante o ciclo da cultura.

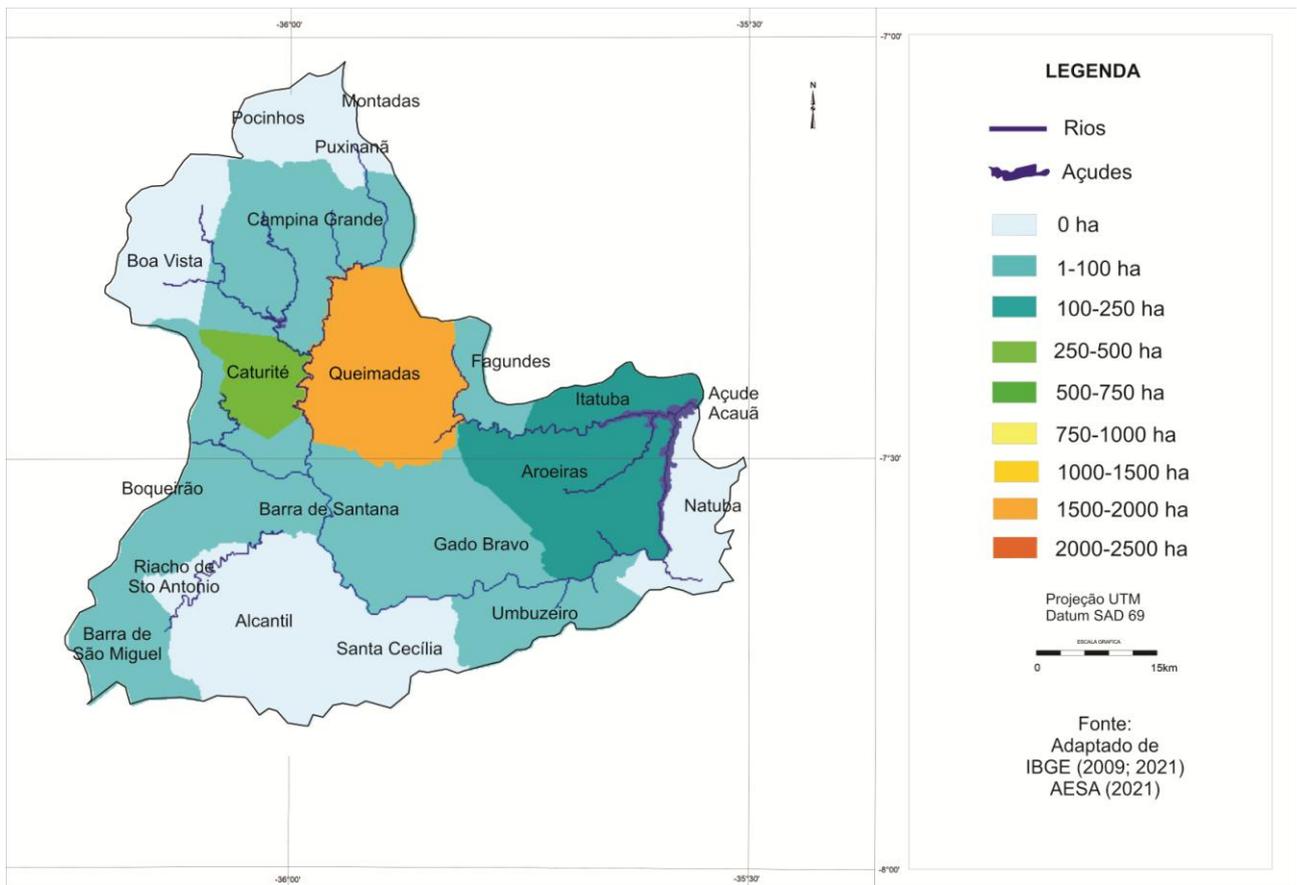


Figura 11. Municípios produtivos do sorgo forrageiro.

Fonte: adaptado de IBGE (2009; 2021); AESA (2021).

A cultura do sorgo forrageiro vem contribuindo para a oferta de volumosos, com ênfase no período seco do ano para a pecuária na região semiárida, ressalta-se que em face da estacionalidade de produção das pastagens e intensificação dos sistemas de produção, o uso de silagem de sorgo vem crescendo nas regiões semiáridas, onde a cultura se sobressai, por sua maior tolerância ao estresse hídrico (TABOSA et al., 2014).

Rocha Júnior et al. (2000) afirmam que, a cultura do sorgo se destaca por ter uma produção de matéria seca superior à do milho, apresentando principalmente a vantagem de uma maior adaptabilidade a regiões com distribuição irregulares de chuvas, com solos rasos e de baixa fertilidade, que são características de regiões semiáridas.

Na Figura 12 e na Tabela 3 pode-se observar os resultados da análise estatística descritiva, em que entre os 19 municípios estudados a cultura da palma forrageira apresenta a maior área produzida em 560,64 ha, seguida do milho forrageiro com 532,07 ha, ambos com a maior variância e maior desvio padrão, indicando, portanto, que os agricultores em sua maioria utilizam as áreas disponíveis para a produção de forrageiras para alimentação animal.

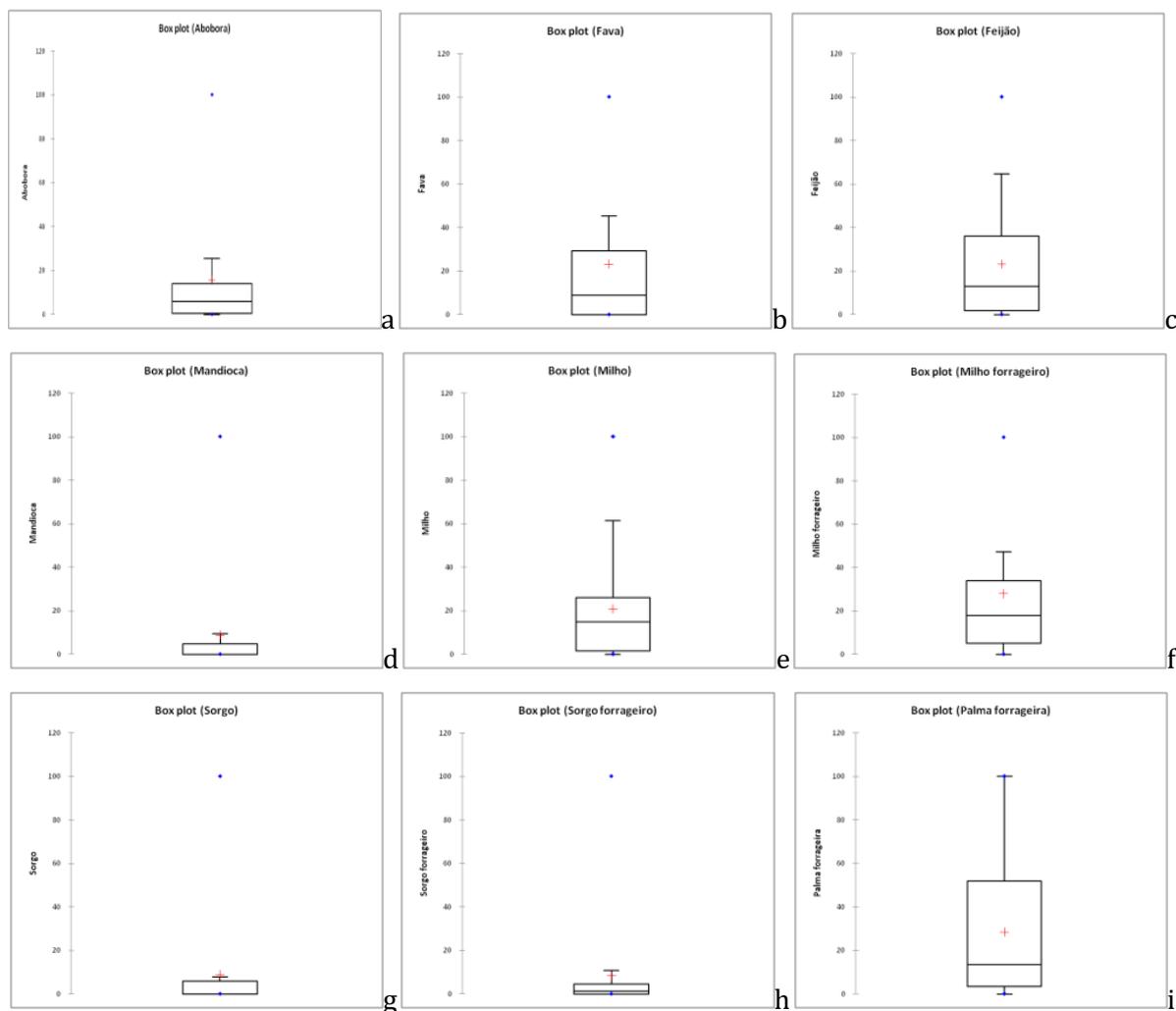


Figura 12. Box plot das culturas em estudo.

Tabela 3. Dados descritivos

Estatística	Abóbora	Fava	Feijão	Mandioca	Milho	Milho forrageiro	Sorgo	Sorgo forrageiro	Palma forrageira
1° Quartil	0,578	-	1,921	-	1,647	5,188	-	-	3,340
Mediana	5,780	8,796	13,074	-	15,002	17,924	-	1,145	13,585
3° Quartil	14,161	29,166	36,006	4,744	26,153	33,962	5,940	4,519	51,948
Soma	295,375	442,592	440,434	168,613	394,931	532,075	168,316	159,452	540,645
Média	15,546	23,294	23,180	8,874	20,785	28,004	8,858	8,392	28,455
Variância (n)	741,787	930,755	718,921	524,395	644,660	942,745	522,701	495,816	938,345
Desvio-padrão (n)	27,235	30,508	26,812	22,899	25,390	30,704	22,862	22,266	30,632
Coefficiente de variação	1,751	1,309	1,156	2,580	1,221	1,096	2,580	2,653	1,076
Erro padrão da média	6,419	7,190	6,319	5,397	5,984	7,237	5,388	5,248	7,220

As culturas do sorgo, sorgo forrageiro e a mandioca apresentam os maiores coeficientes de variação de 2,58 a 2,65. As culturas da fava, milho forrageiro e a palma forrageira apresentam o maior desvio padrão com o máximo de 30,7.

A cultura da abóbora apresenta no 1º Quartil o menor valor de 0,58 e no 3º Quartil a palma forrageira apresenta o valor de 51,95, o que pode ser observado no box plot da Figura 12a e 12i.

Conclusão

As áreas produtivas identificadas da abóbora foram 1,18% da área; feijão-fava 2,20%; feijão comum 24,30%; mandioca 0,53%; milho 17,96%; milho forrageiro 1,30%; palma forrageira 11,19%; sorgo 0,39%; sorgo forrageiro 5,57% da área total da bacia.

De um total de área de produção de 4.385 ha declarados, os municípios de Queimadas, Pocinhos e Campina Grande se destacam na produção das culturas do feijão, milho e palma, respectivamente.

A produção agrícola destes municípios, em sua maioria, depende exclusivamente da pluviosidade por não estarem localizadas próximas a grandes açudes.

Observou-se que estas culturas são uma prática tradicional de cultivo e que os maiores impedimentos dos solos à produção agrícola foram a profundidade efetiva, salinidade e a drenagem deficiente.

Observou-se que existe um potencial para produção destas culturas em áreas próximas as drenagens do rio Paraíba e do açude de Boqueirão e Acauã caso utilizassem as técnicas de irrigação.

Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2021. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de abril 2021.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado da Paraíba: ano hidrológico 2008-2009. 2009. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/relatorios/relatorio-hidrologico/>. Acesso em: 22 de novembro de 2021.

ANDRADE, D. F.; OGLIARI, P. J. Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação. 3.a Ed. ver. e amp. Florianópolis: Editora da UFSC, 2013.

ARAÚJO, L. F.; MEDEIROS, A. N.; PERAZZO NETO, A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. DA. Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus - indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. Brazilian Archives of Biology and Technology, v.48, p.161-168, 2005.

ARAÚJO, T. B. de; SANTOS, V. M. dos. Desigualdades regionais e Nordeste em formação econômica do Brasil. In: ARAÚJO, T. P. de; VIANNA, S. T. W.; MACAMBIRA, J. (Org.). 50 anos de formação econômica no Brasil: ensaios sobre a obra clássica de Celso Furtado. Rio de Janeiro: Ipea, 2009. p.177-200.

BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.7, p.755-761, 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial No. 1 de 9 de março de 2005. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 11 mar. 2005. Seção 1, p. 41.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. *Revue Franco-Brésilienne de Géographie*, n.19, 2013.

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6 n.1, p.45-50, 2006.

CARMO, G. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; FREITAS, D. C. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.512-518, 2011.

CAVALCANTE, F. DE S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no Estado da Paraíba. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v.4, n.8, 2005.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p.81-91.

COSTA FILHO, J. Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do Estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá. 100f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.

DUQUE, J. G. Solo e água no polígono das secas. 5.ed. Mossoró: ESAM, 1980. (Coleção Mossoroense, 142).

EMBRAPA. Mandioca e Fruticultura. 2016. Disponível em: www.embrapa.br/documents/1355135/1529009/Mandioca_Brasil_2013.pdf/f03ad3fa-7989-40e0-bc08-c1d18ebb6024. Acesso em: 7 de novembro de 2021.

FISCHER, G.; SHAH, M.; VAN VELTHUIZEN, H. Climate change and agricultural vulnerability. International Institute for Applied Systems Analysis, 2002. 162p.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Oscilação pluviométrica anual e mensal no Estado da Paraíba-Brasil. *Revista de Geografia (Recife)*, v.33, n.3, 141-154, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; BRANDÃO, Z. N.; ZONTA, J. H.; SANTOS, D.; SILVA, J. V. DO N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba utilizando o SPRING. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.2, p.387-390, 2015.
- FREITAS, T. S. DE. Aspectos do semiárido no Estado da Paraíba: indicadores agropecuários e de segurança forrageira. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2013.
- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. Curso de estatística. 6.a ed. São Paulo: Editora Atlas, 1996.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 21 de outubro de 2021.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- LIMA, P. V. P. S.; MENDES, C. M.; ROCHA, L. A. No rastro da vulnerabilidade às secas: uma análise da produção de grãos no semiárido brasileiro. *Revista Eletrônica Documento Monumento*, v.19, n.1, p.183-196, 2016.
- MONTEGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.
- LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. *Nativa*, v.7, n.1, p.77-83, 2019.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/INn2de09.10.2008.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- MORAIS, F. M. DE; FREIRE, A. DE L. Principais culturas agrícolas produzidas na Paraíba 2011-2014. João Pessoa: EMEPA-PB, 2018. 92p.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPP-Eletro Consult Ltda. 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- PEREIRA, G. R. Correlação entre as secas e as perdas na agricultura de sequeiro no Semiárido Nordeste. In: Congresso Nacional da Diversidade no Semiárido, 1, 2018, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2018.
- ROCHA JR., V. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor(L.) Moench*) para produção de silagem: I. Padrão de fermentação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.52, n.5, p.506-511, 2000.

SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, p.12-17, 2001.

SCHAFFERT, R. E.; RIBAS, P. M. Seminário temático sobre sorgo: pesquisa, desenvolvimento e agronegócio. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 52p. (Documento 14).

SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. In: Visão Progressista do Agronegócio Brasileiro. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006. (Série: Revista da Fundação Milton Campos, n. 25).

SILVA, C. B.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, F. A. Milho verde em região semiárida: Práticas relacionadas a produção agrícola. Brazilian Journal of Development, v.6, n.6, p.41078-41088, 2020.

SILVA, V. DE P. R. DA; GUEDES, M. J. F.; LIMA, W. F. A.; CAMPOS, J. H. B. C. Modelo de previsão de rendimento de culturas de sequeiro, no semi-árido do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.1, p.83-87, 2002.

SILVA; A. B. DA; AMARAL, A. J. DO; BARROS; A. H. C.; ACCIOLY, L. J. DE O.; SANTOS, J. C. P. DOS; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA NETO, M. B. DE; PARAYBA, R. DA B. V.; GOMES, E. C. Potencial pedoclimático do Estado de Alagoas para a cultura do milho em manejo com alta tecnologia, manejo C e cenário chuvoso regular. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29, Águas de Lindóia, 2012. Anais...Águas de Lindóia, 2012.

SILVESTRE, A. L. Análise de dados e estatística descritiva. Escolar Editora, 2007.

TABOSA, J. N.; SILVA, F. G. DA; SIMPLÍCIO, J. B.; RODRIGUES, J. A. S.; NASCIMENTO, M. M. A. DO; SANTANA, J. A. DE. Variedades experimentais de sorgo forrageiro no semiárido brasileiro – estimativa de parâmetros genéticos de produção. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 30, 2014, Salvador. Anais...Salvador, 2014.

ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE E ERODIBILIDADE DOS SOLOS UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS E KRIGAGEM EM BACIA HIDROGRÁFICA

Thiago Pereira de Brito

¹Eng. Agrônomo, UFPB, Areia-PB, tpereiradebrito@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-2052-4528>

Djail Santos

Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdjail@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-2207-3115>

Paulo Roberto Megna Francisco

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

Antonio Clementino dos Santos

⁴Prof. Dr. Associado, UFT, Palmas-TO, clementino@uft.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0001-7943-7923>

Flávio Pereira de Oliveira

⁵Prof. Dr. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, pereira@cca.ufpb.br

 <http://orcid.org/0000-0001-7968-6145>

Guttemberg da Silva Silvino

Dr. Prof. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, guttemberg@cca.ufpb.br

 <http://orcid.org/0000-0002-9199-2732>

Introdução

Estimativas da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), apontam que 33% dos solos mundiais apresentam degradação provocada pela erosão, acidificação, contaminação, salinização e compactação (FAO, 2015).

A erosão do solo é considerada de grande impacto para humanidade, haja que afeta diretamente a produtividade agrícola e os recursos naturais (MORAIS & SALES, 2017). Dessa maneira,

transforma milhões de hectares de áreas agricultáveis estão se tornando improdutivos, resultando em solos de baixa competitividade agrícola (BERTOL et al., 2019). Como consequência, áreas produtivas sofrem perdas de 20-40 bilhões de toneladas de solo pela erosão por ano (FAO, 2015).

Dentre as consequências provocadas pela erosão do solo, destacam-se a perda de fertilidade do solo, o carreamento de fertilizantes e agroquímicos entre os mais citados (LOURENÇO et al., 2020), tornando-se mais pronunciada em áreas nas quais se emprega técnicas convencionais de cultivo (RAIMO et al., 2019). Além disso, a erosão tende a reduzir as taxas de infiltração de água no solo, a capacidade de retenção de água e nutrientes, a matéria orgânica, a espessura do perfil, além de alterar a biota do solo e o transporte de sedimentos, comprometendo os corpos d'água (PIMENTEL et al., 1995; PANACHUKI et al., 2011).

O fator de erodibilidade do solo é um atributo complexo e é considerado como a suscetibilidade com que o solo é desagregado pelas gotas de chuva e pelos salpicos durante a chuva ou por escoamento superficial ou ambos (RÖMKENS et al., 1997). Este fator é afetado pelas propriedades intrínsecas do solo, como a textura, estabilidade de agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração de água e demais atributos químicos e orgânicos (BLANCO & LAL, 2008; MORGAN, 2005).

A erodibilidade do solo pode ser obtida por três métodos de determinação (SILVA et al., 2000). O primeiro compreende a obtenção do fator K por meio de experimentos em campo com chuva natural, em parcelas permanentes para estudo de erosão, metodologia esta que envolve altos custos e demanda um período de tempo relativamente longo. O segundo é similar ao primeiro, no entanto, a estimativa ocorre sob chuva simulada, em período de tempo mais reduzido. Esses dois métodos diretos são caracterizados como padrões para expressar a erodibilidade do solo, sendo o seu uso recomendado na aplicação da EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978). O terceiro método utilizado para se determinar a erodibilidade de forma indireta, utilizando regressões múltiplas que abrangem variáveis independentes como propriedades morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas ou reações destas (SILVA et al., 2000).

O estudo da estimativa da erodibilidade tem gerado um amplo interesse nas últimas décadas e a partir disso diversos trabalhos vêm sendo produzidos para a obtenção do fator K, por exemplo: Cutillas et al. (2009), Silva et al. (2009), Wei e Zhao (2017). Os modelos EPIC, Torri e Shirazi são amplamente utilizados em trabalhos de erosão do solo (ZHANG et al., 2018; WANG et al., 2012; CUTILLAS et al., 2009).

O fator erosividade representa a perda do solo por unidade de área, pelo potencial de uma chuva atingindo uma área desprovida totalmente de cobertura e restos vegetais, mas tendo o mesmo tipo de operação de manejo do solo cultivado. Por esse conceito, a capacidade de erosão de uma chuva é função do solo, da inclinação e das propriedades da chuva (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992).

A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio de que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde, especialmente, esta correlação importa (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989). A técnica consiste em estimar valores médios e também uma medida de acuracidade dessa estimativa. Seus pesos são calculados com base na distância entre a amostra e o ponto estimado, na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto (BETTINI, 2007).

A krigagem é apontada como uma boa ferramenta de interpolação de dados (JAKOB, 2002). Trabalhos como os de Francisco et al. (2015; 2016), mapeando índices de umidade, hídrico e de aridez, discriminação de cenários pluviométricos e insolação utilizando krigagem, obtiveram excelentes resultados.

Portanto, este trabalho objetiva estimar a erosividade e modelar, estimar e mapear o potencial de erosão dos solos da microbacia hidrográfica de Vaca Brava-PB utilizando método estatístico de interpolação por krigagem.

Material e Métodos

A microbacia hidrográfica da Vaca Brava está localizada na região do Brejo Paraibano, nos contrafortes do Planalto da Borborema, a área apresenta altitude média de 637 m (SANTOS, 2004) (Figura 1). Está localizada no ponto central sob coordenadas 6°58'22,9" S e 35°45'30,26" W. (SILVA, 2012). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo As' tropical com chuvas de inverno (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de 1370,9mm (INMET, 2020) e apresenta uma área de 14,043 km².

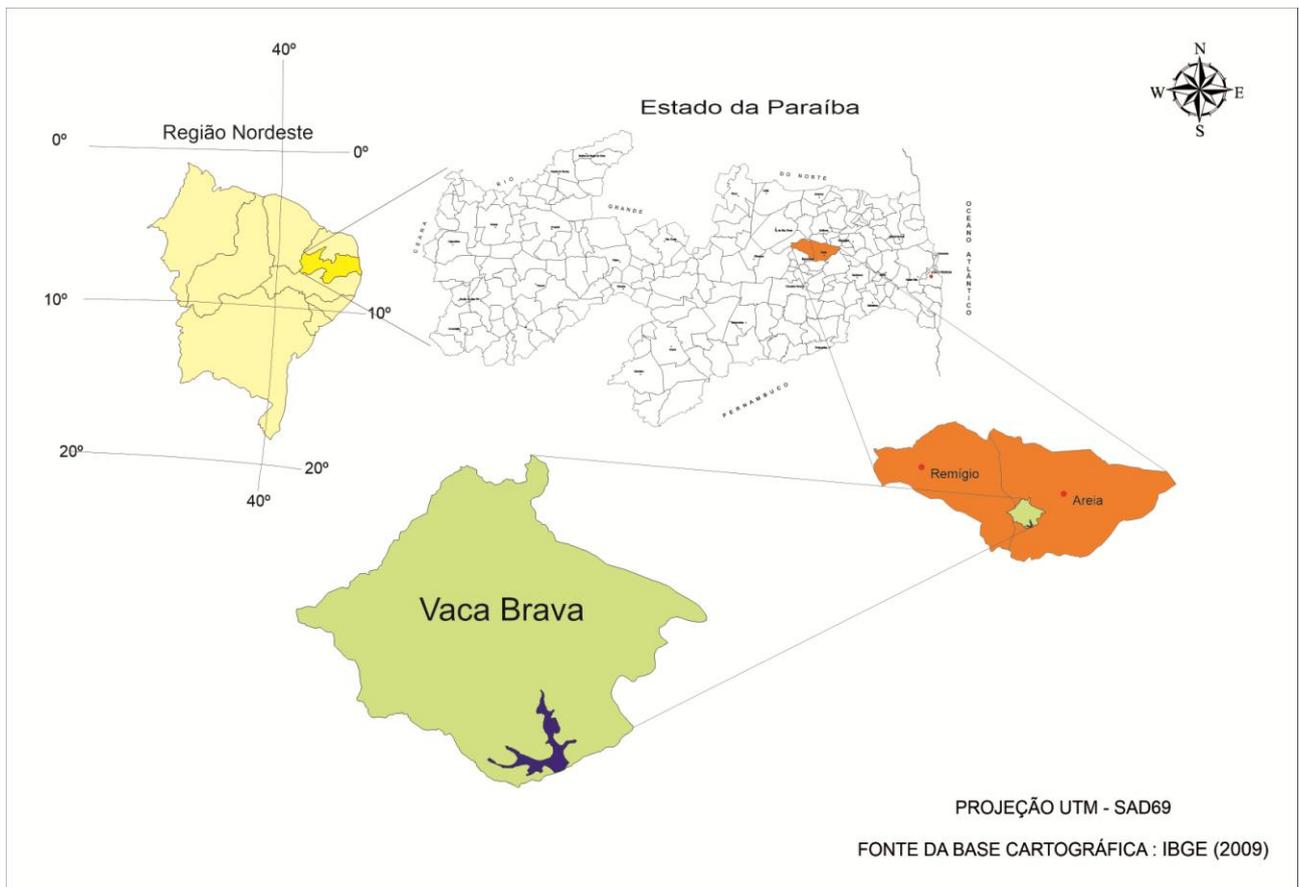


Figura 1. Localização da bacia de Vaca Brava. Fonte: adaptado de IBGE (2009).

A área de estudo se encontra 50% florestal localizada no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro (ANDRADE & MACHADO, 2018) enquanto a outra parte sob uso antrópico compreende por capoeira, reflorestamento com sabiá e de uso agropecuário (SANTOS, 2004). Os solos predominantes de acordo com Campos e Queiroz (2006) são o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico; Neossolo Litólico Eutrófico típicos; Latossolo Amarelo Distrófico argissólico; Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico, respectivamente (Figura 2).

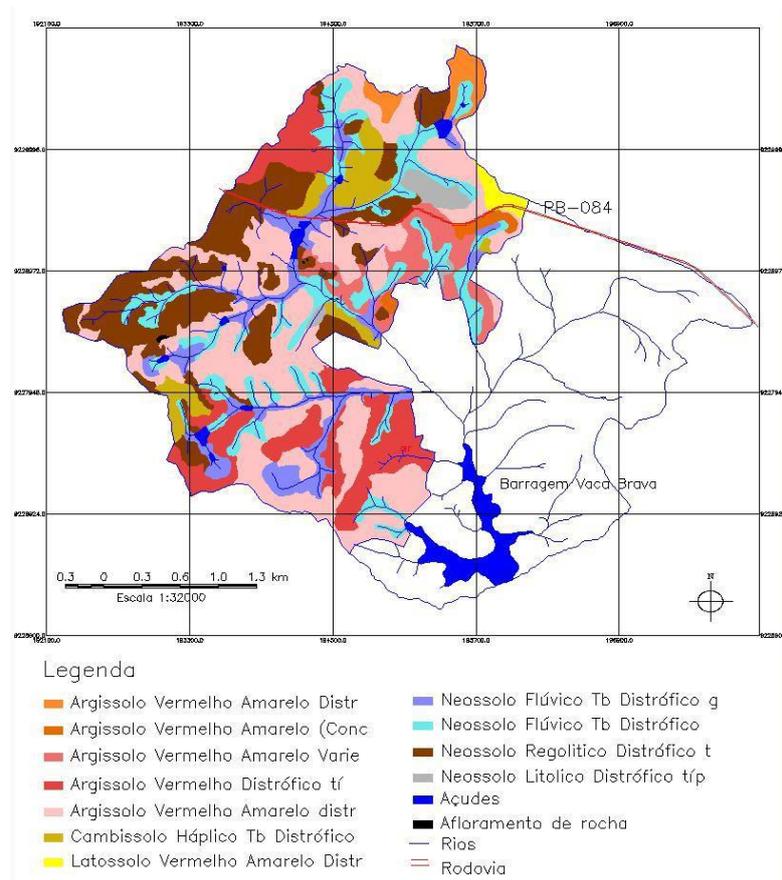


Figura 2. Solos da bacia. Fonte: Farias (2006).

O banco de dados utilizado para este trabalho foi o do trabalho de Santos (2004) em que procedimentos de amostragem de coleta de solo foram realizados na microbacia. Foram acessados dados de 360 amostras de solo (0-20 cm), obtidas em pontos amostrais georreferenciados e estratificados pela posição do relevo (topo, ombro, meia encosta, pedimento e várzea) e por cobertura vegetal (agricultura, pastagens, capineira - *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone; sabiá - *Mimosa caesalpinifolia* Benth, capoeira, e mata nativa).

A área de topo representa aproximadamente 2% (28 ha) tendo como solo predominante o Latossolo Amarelo distrófico; o ombro representa 20% (281 ha) com o solo predominante Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico; a meia encosta representa 31% (435 ha) apresentando os solos mais representativos Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico e Neossolo Regolítico distrófico. Já o pedimento ocupa 31,8% (446 ha), e os solos predominantes são Neossolo Regolítico distrófico e Neossolos Flúvicos; e por fim, as várzeas ocupam 15% (211 ha), com predominância de Neossolo Flúvico e Gleissolos (SANTOS, 2004).

Devido à ausência de dados pluviográficos detalhados para a região estudada, utilizou-se o método proposto por Lombardi Neto e Mondenhauer (1992) para obtenção do índice de erosividade EI30 a partir de dados de precipitação pluviométrica mensal e anual da região (Equação 1). Os dados de precipitação média mensal e anual para o município de Areia (PB), no período entre 1994 e 2019,

foram obtidos nos endereços eletrônicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

$$EI_{30} = 68,730 (p2 / P)0,841 \text{ (Eq. 1)}$$

Em que: EI_{30} = média mensal do índice de erosividade ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); p = precipitação média mensal (mm); e P = precipitação média anual (mm).

Para a determinação do fator K dos solos foi utilizado o método indireto a partir dos modelos matemáticos de impacto da erosão sobre a produtividade (EPIC) (Equação 2), desenvolvido por Williams et al. (1990); do modelo de Torri et al. (1997) (Equações 3 e 4) que utiliza os atributos físicos e químicos do solo; e do modelo de Shirazi et al. (1988) (Equações 5 e 6) que utilizada o diâmetro médio geométrico das frações granulométricas do solo.

$$K = \left[0.2 + 0.3e^{-0.0256SAN \left(1 - \frac{SIL}{100}\right)} \right] \left(\frac{SIL}{CLA + SIL} \right)^3 \left(1.0 - \frac{0.25C}{C + e^{3.72 - 2.95C}} \right) \left(1.0 - \frac{0.7SN_1}{SN_1 + e^{-5.51 + 22.95SN_1}} \right) \text{ (Eq. 2)}$$

Em que: SAN = representa a porcentagem do conteúdo de areia, SIL = silte, CLA = argila, C = carbono orgânico, e SN_1 = representa o produto da equação $(1 - SAN / 100)$. O valor K resultante no sistema tradicional de unidades (ROWLETT, 2000), short ton.ac. h / (100 ft. short ton.ac.in).

$$K = 0.0293(0.65 - D_g + 0.24D_g^2) \times \exp \left\{ -0.021 \frac{OM}{C} - 0.00037 \left(\frac{OM}{C} \right)^2 - 4.02C + 1.72C^2 \right\} \text{ (Eq. 3)}$$

Em que: OM e C são conteúdos de matéria orgânica do solo e de argila, respectivamente, em %. O valor de D_g foi obtido por meio da Equação 3.

$$D_g = \sum f_i \lg \sqrt{d_i d_{i-1}} \text{ (Eq. 4)}$$

Em que: D_g = logaritmo Neperiano da média geométrica da distribuição do tamanho de partículas, d_i (mm) = diâmetro máximo da i -ésima classe, d_{i-1} (mm) = diâmetro mínimo e f_i = fração de massa da classe correspondente de tamanho de partícula.

O D_g é calculado com base em três classes de tamanho de partículas: areia, silte e argila. Os valores de K resultantes são apresentados no Sistema Internacional de Unidades ($t \text{ hm}^2 \text{ h} / (MJ \text{ mm hm}^2)$).

$$K = 7.594 \left\{ 0,0034 + 0,0405 e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\log(D_g) + 1,659}{0,7101} \right)^2} \right\} \text{ (Eq. 5)}$$

$$D_g (\text{mm}) = e^{0.01 \sum f_i \ln m_i} \text{ (Eq. 6)}$$

Em que: f_i = porcentagem em peso da i -ésima fração de tamanho de partícula (%); m_i = média aritmética dos limites de tamanho de partícula para a fração i (mm). O valor K resultante do uso da fórmula é expresso no sistema tradicional de unidades (ROWLETT, 2000), short ton. ac h/(100 ft. short ton. ac. in).

Os teores de areia total, silte e argila foram submetidos a análise de estatística com o uso da krigagem para verificar sua variabilidade a fim de determinar valores mínimos, máximos, médios, medianos, desvios-padrões, variâncias e coeficientes de variação.

Para comparação entre os diferentes modelos, todos os resultados expressos no sistema tradicional de unidades foram multiplicados por 0,1317 para converter no Sistema Internacional de Unidades dos valores K (t hm² h/(MJ mm hm²)).

Utilizando-se o Software Surfer[®] versão 9.0 trial, foram gerados por meio do método de interpolação de krigagem, os mapas dos valores de K pelos métodos EPIC, Shirazi e Torri, e após recortados com os limites da bacia em estudo.

Resultados e Discussão

Os valores de areia total, silte e argila, obtidos através da krigagem, pode-se observado por meio da Tabela 1 e da Figuras 3a, 3b e 3c a sua distribuição espacial e os resultados da estatística descritiva.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos texturais das amostras dos solos

Atributos	Variabilidade dos atributos						
	----- (g kg ⁻¹)----- (%)						
	Mínimo	Média	Máximo	Mediana	σ	Variância	C.V.
Areia total	267,57	625,85	962,89	635,81	118,64	14.077,65	18,95
Silte	14,68	83,01	322,31	8,40	30,49	930,20	36,74
Argila	0,12	292,74	598,65	279,84	122,66	15.046,51	41,90

σ = Desvio-padrão, C.V. = Coeficiente de variação.

Os dados de distribuição espacial de areia total do solo encontram-se na Figura 3a. Verifica-se que os valores médios variaram de 250 a 850 g kg⁻¹, concentrando-se, principalmente, nas regiões noroeste e central da microbacia hidrográfica. Observa-se que o valor mínimo é de 267,57 g kg⁻¹, máximo de 962,89 g kg⁻¹, com média de 625,85 g kg⁻¹ e um coeficiente de variância de 18,95%, conforme apresenta-se na Tabela 1.

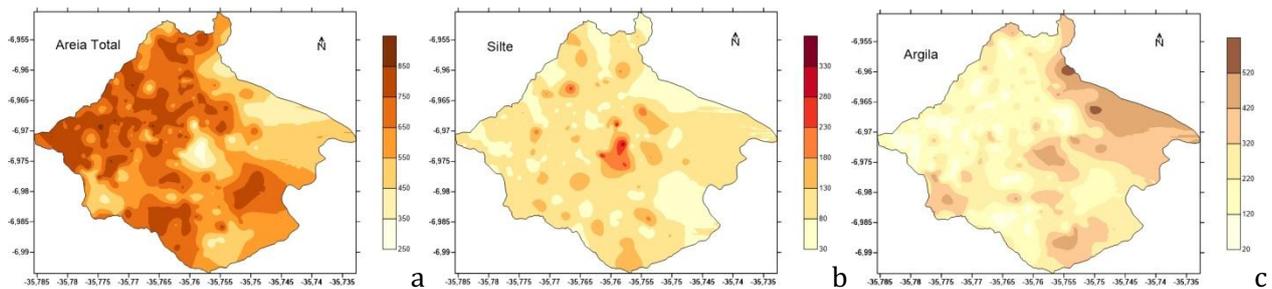


Figura 3. Mapa de distribuição (g kg^{-1}): a) areia total; b) silte; c) argila.

Nos locais com maior concentração de areia total, deve-se dar maior atenção quanto à realização das práticas de manejo do solo, por apresentar maior suscetibilidade à degradação ambiental. Como destacado por Donagemma et al. (2016), os solos arenosos são mais suscetíveis à perda da capacidade produtiva, quando comparados aos de textura mais fina, em condições ambientais semelhantes. Os solos arenosos, apesar da friabilidade e da facilidade de mecanização, são altamente suscetíveis à erosão, em razão da baixa coesão entre as partículas de areia e da baixa, ou mesmo ausente, estabilidade de agregados (SCOPEL et al., 2012). Considerando-se a natureza das frações que compõem as classes de solos com maior participação da fração areia, assume-se que os solos arenosos apresentam baixa retenção de água e acentuada permeabilidade (OR & WRAITH, 2002).

Enfatiza-se que os dados corroboram com Santos (2004), que encontrou valores de areia total variando de 265 a 885 g kg^{-1} nas áreas de várzea e encosta na microbacia hidrográfica de Vaca Brava. A variabilidade observada (Figura 3a) pode ser explicada pela maior precisão na distribuição dos dados e pelo uso da modelagem de geoespacialização com a utilização da krigagem ordinária. Em estudo sobre a variabilidade espacial de variáveis geo-biofísicas nas nascentes do Ribeirão Santa Cruz, Lavras-MG, Alves et al. (2008) observaram que a utilização da krigagem para a interpolação dos dados foi mais adequada que a utilização do inverso da potência da distância, em que a utilização da krigagem ordinária resulta em melhor qualidade quanto às estimativas.

A distribuição de silte nos solos da microbacia hidrográfica de Vaca Brava pode ser visualizada na Figura 3b. Observa-se que os valores médios variam de 30 a 180 g kg^{-1} . A maior concentração de silte é observada em áreas pontuais no centro da microbacia, com valores médios ao redor de 180 a 330 g kg^{-1} . Observa-se que o valor mínimo é de 14,68 g kg^{-1} , máximo de 322,31 g kg^{-1} com média de 83,01 g kg^{-1} , e coeficiente de variância de 36,74%.

Este resultado se assemelha ao observado por Santos et al. (2004), ao analisarem a distribuição espacial de areia total, silte e argila nas posições de passagem topo e várzea na mesma microbacia hidrográfica. A fração silte é mais intemperizada que a areia, menos intemperizada que a argila e possui inúmeros componentes minerais, não sendo, portanto, uma fração mineral de constituição bem definida (CEZAR et al., 2012). Geralmente, os solos siltosos são mais suscetíveis à erosão, pois as

partículas são finas e leves e não se agregam como ocorre com as partículas de argila (TEIXEIRA et al., 2000).

A fração silte, em função de sua instabilidade, é pouco desejável, visto que é a primeira a se desprender pela ação das gotas de chuva, e a principal fração a ser arrastada, causando o assoreamento de rios e lagos (GOMES et al., 2011). Em estudo avaliando as frações de carbono e nitrogênio em função da textura e relevo da microbacia hidrográfica da Vaca Brava, Galvão et al. (2005) observaram que nas várzeas o material mineral predominante era o silte. Segundo esses autores, a redistribuição de sedimentos nas vertentes foi ocasionada por processos erosivos da camada superficial das encostas, nas quais predomina a textura fina.

A distribuição espacial de argila na microbacia seguiu tendência parecida com a apresentada pela areia total, de concentração no quadrante superior oposto (Figura 3c). Os valores médios variam de 320 a 520 g kg⁻¹, com predominância de valores maiores de 320 g kg⁻¹ na área nordeste da bacia. Observa-se que o valor mínimo é de 0,12 g kg⁻¹, máximo de 598,65 g kg⁻¹, com média de 279,84 g kg⁻¹, e coeficiente de variação de 41,90% (Tabela 1).

Com relação à amplitude de valores, observa-se que estes corroboram com o estudo de Santos et al. (2004), que observaram valores médios de argila variando de 26 a 584 g kg⁻¹ no nordeste da microbacia hidrográfica de Vaca Brava. Para Santos et al. (2021), os solos argilosos são mais resistentes à erosão entressulcos, devido às suas características físicas de boa permeabilidade quando em condições naturais ou quando bem manejados.

Atributos do solo como textura, estrutura, consistência, conteúdo de matéria orgânica e profundidade efetiva, determinam o grau de vulnerabilidade de um solo à erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014). Geralmente, os solos arenosos e siltosos são mais suscetíveis à erosão (erodíveis), do que os solos argilosos (SOUSA & CORRECHEL, 2015). Estudando a variabilidade espacial da fertilidade do solo na microbacia de Vaca Brava, Santos et al. (2010), observaram que os atributos físicos dos solos dessa área mostraram-se influenciados pelo uso da terra, com aumento nos teores de areia total e silte no sentido agricultura > floresta.

Um fato importante sobre os solos argilosos é que eles são mais suscetíveis à compactação pelo tráfego de máquinas do que os mais arenosos, devido à maior porosidade total e maior capacidade de armazenamento de água nos seus microporos (SILVA et al., 1999; SILVA et al., 2000). Esses atributos fazem com que o solo argiloso retenha maior conteúdo de água por mais tempo, necessitando maiores cuidados em relação à umidade do solo durante práticas de preparo e tráfego de máquinas, visando reduzir os riscos de compactação (SILVA et al., 2000).

Com relação aos coeficientes de variação apresentados pelas variáveis areia total, silte e argila (Tabela 1), enfatiza-se que estão acima de 18% para os três atributos analisados. Tomando-se como referência a classificação proposta por Warrick et al. (1980), os coeficientes de variação dos dados foram considerados altos. Esse resultado difere do encontrado por Mota et al. (2017), ao analisarem a variabilidade espacial de atributos físicos de solo e os parâmetros de ajuste da curva de retenção de

água em um Latossolo Vermelho. Esses autores encontraram valores de CV de 1,0% para areia, 7,9% para silte e 4,0% para argila, indicando comportamentos presumíveis, já que a área analisada apresentava certa homogeneidade. Os elevados valores de CV observados no presente estudo devem ser resultado da elevada heterogeneidade dos solos da microbacia hidrográfica, que apresenta relevo movimentado e com diferentes sistemas de uso e ocupação das terras.

A questão da variabilidade pode estar relacionada à densidade amostral, ou seja, quanto menor o número de amostras dentro da malha presume-se obter menor variabilidade dos dados (LEANDRO JÚNIOR et al., 2020). A diminuição da densidade amostral tende a diminuir a qualidade e a exatidão dos mapas a níveis não desejados na agricultura de precisão (CAON & GENÚ, 2013). Por outro lado, Leandro Júnior et al. (2020), salientam que o aumento da densidade amostral além de não resultar em grandes ganhos de precisão, pode inviabilizar o processo de amostragem pelo intenso trabalho de coleta e custo com análises, aumentando a relação custo-benefício.

Os resultados de precipitação mensal média para a área de estudo e do cálculo do índice de erosividade EI_{30} , em $MJ ha^{-1} mm h^{-1}$, podem ser observados na Tabela 2.

A precipitação anual média é de 1370,9mm, sendo os menores valores mensais observados nos meses de novembro (23,4mm) e outubro (26,6mm) e os maiores nos meses de junho (205,9mm) e julho (201,3mm).

Tabela 2. Distribuição média anual e mensal de precipitação e erosividade da chuva

Meses/Anos (1994 a 2019)	Precipitação média (mm)	EI30 (MJ ha⁻¹ mm h⁻¹)
Janeiro	130	4.597
Fevereiro	100,4	2.973
Março	138,3	5.100
abr/01	52,3	5.993
Maio	162,6	6.693
Junho	205,9	9.953
Julho	201,3	9.579
Agosto	123,7	4.227
Setembro	61,2	1.292
Outubro	26,6	317
Novembro	23,4	257
Dezembro	45,3	779
Anual	1.370,9	4.313

Para a erosividade, observa-se que os menores valores observados apresentam-se nos meses de menor precipitação, outubro e novembro, com EI_{30} de 317 e 257 $MJ ha^{-1} mm h^{-1}$, respectivamente. Para os meses de junho e julho, os valores de erosividade são de 9953 e 9579 $MJ ha^{-1} mm h^{-1}$, considerados os mais expressivos. A erosividade anual de 4313 $MJ ha^{-1} mm$ é considerada média, de acordo com a classificação proposta por Carvalho (1994).

Resultados de erosividade relativamente superiores foram observados por Sales (2018), em trabalho conduzido no município de Alagoa Nova, no Brejo Paraibano, que apresenta condições de clima e solos similares às observadas na microbacia de Vaca Brava. Esse autor encontrou valores de erosividade da ordem de 6394 MJ ha⁻¹ mm ano⁻¹.

A erosividade da chuva está relacionada à sua intensidade, duração e frequência de ocorrência. O aumento da intensidade da chuva eleva o tamanho médio das gotas e a energia de impacto, bem como o escoamento, o que resulta no aumento da energia de transporte. Mecanismos de contenção devem ser adotados a fim de reduzir o impacto das gotas das chuvas, principalmente nos meses de maior erosividade (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A implantação do sistema plantio direto (SPD). Silva e De Maria (2011), observaram que em área sob SPD não foi observado produção de sedimentos e as perdas de água foram reduzidas em comprimentos de rampa de até 75 m, sem influência da direção de semeadura.

Em estudo sobre a erosividade e características da chuva em Alagoinha, no Brejo Paraibano, Nascimento e Chaves (1996) observaram que apesar de valor médio anual de precipitação relativamente alto (1109mm), o baixo valor médio anual de erosividade obtido sugeriu a presença de grande número de chuvas de baixa intensidade ao longo do ano. Dessa forma, concluíram que a intensidade da chuva é mais determinante que a distribuição espaçotemporal da precipitação para a erosividade.

Relativamente poucos estudos de correlação entre erosividade e perdas de solo determinadas em campo têm sido realizados no estado da Paraíba (NASCIMENTO & CHAVES, 1996; ALBUQUERQUE et al., 1998; ANDRADE et al., 1999), sendo praticamente inexistentes estudos desta natureza em condições de microbacias hidrográficas.

Os resultados da utilização dos modelos estimativos de erodibilidade dos solos da microbacia de hidrográfica Vaca Brava realizado através da krigagem pode-se ser visualizado através da Figura 4 e da Tabela 3.

A estatística descritiva indica diferentes valores para o fator K dos solos da bacia para os três métodos avaliados.

Tabela 3. Variabilidade estatística dos modelos estimativos

Modelo	Variabilidade dos parâmetros (t hm ² h/(MJ mm hm ²))							
	Mínimo	Média	Máxima	Mediana	σ	AS	Curtose	C.V. (%)
EPIC	0,0112	0,0187	0,0310	0,0187	0,0028	0,5654	1,8198	15,47
Torri	0,0219	0,0287	0,0374	0,0294	0,0036	-1,4341	6,8493	12,62
Shirazi	0,0099	0,0225	0,0439	0,0191	0,0107	0,6262	-0,9779	47,71

σ = desvio-padrão; AS = coeficiente de assimetria; C.V. = coeficiente de variação.

No mapa de distribuição da estimativa pela modelagem EPIC (Figura 4a), pode-se observar que os valores variam entre 0,011 a 0,031 t hm² h/(MJ mm hm²), distribuídos por toda a microbacia, e com valores entre 0,025 a 0,029 t hm² h/(MJ mm hm²) localizados no centro da microbacia. O valor mínimo foi de 0,0112 t hm² h/(MJ mm hm²), máximo de 0,0310 t hm² h/(MJ mm hm²), com média geral de 0,0187 t hm² h/(MJ mm hm²), com desvio-padrão de 0,0028 t hm² h/(MJ mm hm²), e coeficiente de variação de 15,47% (Tabela 3).

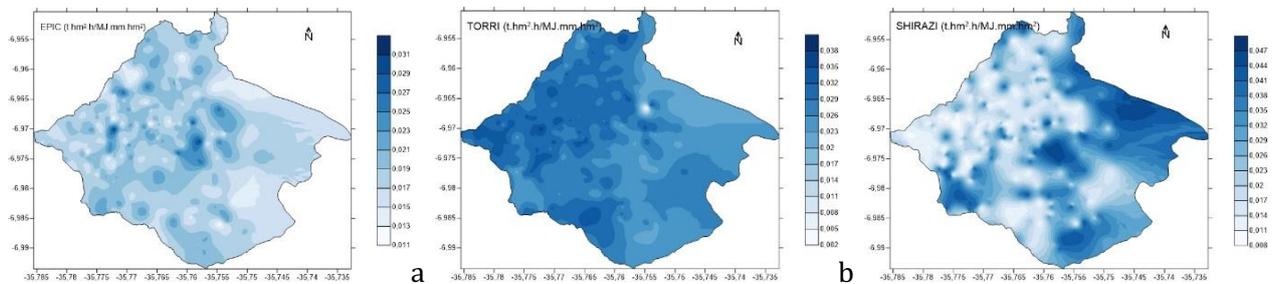


Figura 4. Mapa de distribuição da estimativa da erodibilidade (fator K): a) pelo modelo EPIC; b) pelo modelo Torri; c) pelo modelo Shirazi.

Para a condição específica de seu estudo, Dias e Silva (2015) observaram que as classes de solos Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos se mostraram mais suscetíveis à erosão. Em estudo sobre o mapeamento da deterioração ambiental em área de vegetação de Caatinga, Francisco et al. (2014) observaram que, nas condições em que o estudo foi realizado, a classe de erodibilidade alta foi verificada em Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos, enquanto a classe muito alta geralmente estava relacionada ao baixo nível de proteção do solo pela vegetação.

A cobertura do solo é de fundamental importância para amenizar o impacto das gotas de chuva. Francisco et al. (2013), estudando a bacia hidrográfica do rio Taperoá, observaram que a classe de risco de erosão muito alta estava relacionada à baixa cobertura do solo pela vegetação. A utilização de plantas com alto índice de cobertura do solo e elevada produtividade de fitomassa propicia melhor proteção ao solo, amortecendo o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo reduzindo, conseqüentemente, os processos erosivos (CARDOSO et al., 2012). O efeito da cobertura florestal na redução da perda de solo anual é variável, em função da declividade média da microbacia e da largura da faixa das áreas de preservação permanente (MINGOTI & VETORAZZI, 2011).

Em estudo avaliando a erodibilidade do solo em terras pretas estruturadas, Lourenço et al. (2020), observaram valores médios variando de 0,0893 a 0,0983 Mg ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹, para pastagem e floresta, respectivamente. Esses valores são considerados altos, sendo superiores aos valores médios encontrados no presente estudo. Esse resultado demonstra que a adoção de sistemas de manejo conservacionistas e a redução do impacto ambiental sobre as áreas de floresta é primordial para o controle da erosão e manutenção das funções ecossistêmicas do solo.

No mapa de distribuição da estimativa pela modelagem Torri (Figura 4b), que utiliza os atributos físicos e químicos do solo, pode-se observar que os valores variam entre 0,023 a 0,032 t hm²

$h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, distribuídos por toda a bacia, e com menores valores entre 0,002 a 0,008 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$ no centro da microbacia. O valor mínimo de 0,0294 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, máximo de 0,0374 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, com média de 0,0287 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, desvio-padrão de 0,0036 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, e coeficiente de variação de 12,62%.

Avaliando a incerteza e a previsibilidade do fator de erodibilidade do solo usando conjunto global de dados, Torri et al. (1997), observaram que essa abordagem não ofereceu informações suficientes sobre a distribuição dos valores de K observados. Para esses autores, o conhecimento do erro associado à estimativa do valor de K pode ser usado em muitos casos, particularmente quando as classes de risco de erosão devem ser determinadas.

No mapa de distribuição da estimativa pela modelagem Shirazi (Figura 4c), pode-se observar que os valores variam entre 0,008 a 0,047 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, distribuídos por toda a microbacia. Os maiores valores estão concentrados na região nordeste, enquanto os menores valores variam de 0,008 a 0,023 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, na região sudeste da área. O valor mínimo de 0,0099 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, máximo de 0,0439 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, com média de 0,0225 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$, desvio-padrão de 0,0107 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$ e coeficiente de variação de 47,71%.

De acordo com Francisco e Chaves (2017), modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas.

Os resultados encontrados para os valores de erodibilidade (fator K) demonstram diferentes estimativas (Tabela 1). Tendo em vista que, os diferentes métodos de estimativa utilizam distintos atributos do solo como dados de entrada, observa-se que os coeficientes de variação dos modelos tenderam a resultados diferentes.

A diferença entre os valores médios são de 0; 0,0007 e 0,0034 $t \text{ hm}^2 h/(MJ \text{ mm } hm^2)$ para os métodos EPIC, Shirazi e Torri, respectivamente. Os valores de desvio-padrão do fator K para cada modelo são de 0,0028 para o EPIC; 0,0036 para Torri e 0,0107 para Shirazi. Os coeficientes de variação para os valores de K são de 15,47% para o EPIC, 12,62% para Torri e 47,71% para Shirazi.

Utilizou-se o modelo de EPIC como parâmetro de referência no diagrama de Taylor devido a menor variação estatística dos dados dentre os três modelos avaliados (Tabela 3).

Os resultados da comparação dos distintos modelos para estimativa do fator K são apresentados no diagrama de Taylor (Figura 5), em que são demonstrados a raiz do erro quadrático médio (REQM), o desvio-padrão (DP) e o coeficiente de correlação.

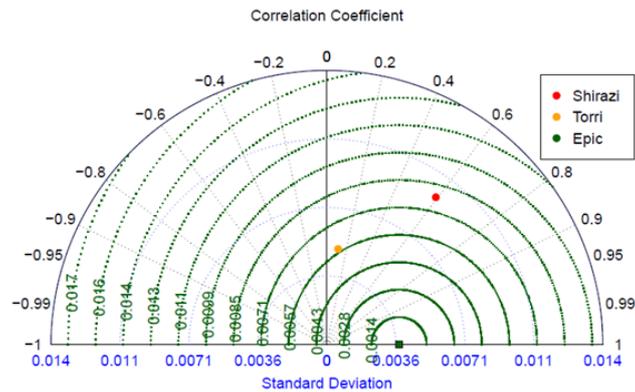


Figura 5. Diagrama de Taylor quanto aos valores K estimados pelos modelos.

Conforme o diagrama de Taylor observa-se diferença no desvio-padrão (DP) e raiz do erro quadrático médio (REQM) entre os modelos Torri e Shirazi, em que ambos apresentam o mesmo parâmetro de entrada, ou seja, o diâmetro médio geométrico das partículas minerais do solo (D_g). Entretanto, o modelo de Torri contempla também os valores de argila e matéria orgânica.

Em estudo conduzido nas parcelas experimentais das bacias hidrográficas de Sázava e Vltava, localizadas na República Tcheca, Kadlec et al. (2012), constataram que a matéria orgânica do solo é importante atributo para estimar o fator de erodibilidade do solo. Nesse estudo, os autores verificaram que a matéria orgânica influenciou expressivamente a redução de perda de solo por erosão e a quantidade de escoamento superficial.

O desvio-padrão do modelo Torri está mais próximo dos valores estimados pelo modelo EPIC do que dos valores estimados pelo modelo Shirazi, embora o modelo de Shirazi apresente coeficiente de correlação próximo do modelo de EPIC. Por sua vez, a estimativa do fator K pelo modelo de Torri está mais próxima dos valores estimados pelo modelo EPIC.

Levando-se em consideração a escolha do modelo EPIC como parâmetro de referência inserido no diagrama de Taylor, bem como os valores de DP e REQM, e ainda, o número de variáveis de cada modelo, pode-se afirmar que o modelo Torri é o que mais se aproxima do modelo EPIC. Desta forma, tanto o modelo de EPIC quanto o modelo Torri podem ser usados para estimar o fator de erodibilidade do solo para aplicação em estudos de avaliação das perdas de solo nas áreas da microbacia hidrográfica de Vaca Brava, por meio da EUPS.

Para avaliar o grau de aplicabilidade do uso dos modelos EPIC, Torri, NOMO e Shirazi, Zhang et al. (2018) compararam os seus resultados com dados de erodibilidade determinados diretamente em campo em solos da China. Conforme os resultados obtidos pelos autores, os métodos EPIC e Shirazi apresentaram diferentes faixas de erros. Segundo Zhang et al. (2018), a escolha do modelo de Shirazi et al. (1988), levou em consideração os resultados obtidos dos menores erros nos valores de desvio-padrão, raiz do erro quadrático médio, coeficiente de correlação e menor variabilidade do fator K encontrado, comparado aos demais modelos analisados.

Para determinar as diferenças dos valores de erodibilidade dos solos na bacia hidrográfica do rio Segura, na Espanha, Cutillas et al. (2009), utilizaram três modelos matemáticos propostos por: Römken et al. (1986); Torri et al. (1997) e Wang et al. (2013), e dois métodos (um de modelagem com variáveis ambientais e outro com uso dos valores do fator K), obtidos por meio do mapeamento de atributos empíricos de solo. Em ambas os métodos, os autores verificaram que o modelo de Torri et al. (1997) apresentou tendência de maior estabilidade em áreas de solos com coberturas heterogêneas.

Ao conduzirem trabalhos na área da bacia hidrográfica de Ansai, Planalto de Loess, localizado na China, Wei e Zhao (2017), calcularam os valores do fator K usando cinco modelos: EPIC, NOMO, M-NOMO; Torri e Shirazi. NOMO e M-NOMO significam Nomograma original e Nomograma modificado de Wischmeier e Smith (1972), respectivamente. Os resultados observados mostram que, em comparação aos outros modelos, o de Shirazi apresentou a maior aplicabilidade regional, seguido pelo modelo EPIC. Na simulação dos valores, e até mesmo na pesquisa de avaliação da erosão do solo, o modelo Shirazi foi considerado o de melhor precisão na predição do valor do fator K, resultando em valores mais próximos da situação real, embora os autores não tenham apresentado os valores de K determinados em campo. Zhang et al. (2018), verificaram que o modelo Shirazi foi o que melhor se adaptou para aplicação em escalas de microbacia e regional.

No estudo de estimativa do fator K de solos distribuídos em áreas montanhosas do sul da China, usando os modelos Nomo, M-NOMO, RUSLE2, EPIC, Shirazi e Torri, Zhang et al. (2009), constataram que o modelo Torri apresentou a menor incerteza de predição do valor K, e o modelo Shirazi a maior incerteza de predição. Por apresentar a menor incerteza de predição, os autores atribuíram a melhor estimativa do fator erodibilidade do solo ao modelo de Torri.

Em uma comparação com base de dados de 51 parcelas de erosão com valores determinados em campo, representando as principais regiões da China, e com valores estimados pelos modelos USLE, EPIC e RUSLE2, Wang et al. (2012) mostraram que os modelos, em sua quase totalidade, tenderam a superestimar os valores de K. Os modelos USLE e EPIC superestimaram o valor de K em 93,6 e 96,2%, em média, respectivamente; RUSLE2 superestimou os valores de K em 54,4%, em média; porém, quando o valor de K observado foi maior do que 0,32, o modelo RUSLE2 subestimou os valores de K. De acordo com os autores, estudos recentes destacam a falta de dados de valores do fator K de calibrações de ajuste, ocorrendo uma previsão de superestimação ou de subestimação das taxas de erosão do solo.

Levando-se em consideração a escolha do modelo EPIC como parâmetro de referência inserido no diagrama de Taylor (Figura 5) bem como os valores de DP e REQM, e ainda, o número de variáveis de cada modelo, pode-se afirmar que o modelo Torri é o que mais se aproxima do modelo EPIC. Desta forma, tanto o modelo de EPIC quanto o modelo Torri podem ser usados para estimar o fator de erodibilidade do solo para aplicação em estudos de avaliação das perdas de solo nas áreas da microbacia hidrográfica de Vaca Brava, por meio da EUPS.

Conclusão

O uso da krigagem permitiu mapear e prognosticar adequadamente a erodibilidade dos solos da bacia em estudo.

A erosividade anual estimada foi de 4313 MJ ha⁻¹ mm ano⁻¹, considerada como uma erosividade média. A erosividade apresentou baixos índices para os meses de menores valores de precipitação (outubro e novembro), com EI₃₀ de 317 e 257 MJ ha⁻¹ mm h⁻¹, respectivamente. Para os meses de junho e julho os valores foram de 9953 e 9579 MJ ha⁻¹ mm h⁻¹, respectivamente.

A estimativa da erodibilidade (fator K), foram verificados os valores médios de 0,0187, 0,0287 e 0,0225 t hm² h/(MJ mm hm²) para os modelos EPIC, Torri e Shirazi, respectivamente, sendo o modelo EPIC o de melhor ajuste dos dados, seguido pelo modelo de Torri.

Quanto à variabilidade dos parâmetros de erodibilidade, o modelo de estimativa que apresentou os menores valores de coeficiente de variação e desvio-padrão foi o EPIC, seguido dos modelos Torri e Shirazi.

Referências

- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; CATANEO, A. Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo Bruno Não-Cálcico de Sumé-PB. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n.4, p.743-749, 1998.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.2, p.711-728, 2013.
- ALVES, M. C.; BOTELHO, S. A.; PINTO, L. V. A.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, M. S.; FERREIRA, E.; ANDRADE, H. Variabilidade espacial de variáveis geobiofísicas nas nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.5, p.527-535, 2008.
- ANDRADE, A. P. de; SILVA, I. de F. da; DINIZ, E. J.; SANTIAGO, R. D.; OLIVEIRA, P. K. B. Perdas de solo e água por erosão num Latossolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes práticas agrícolas. *Agropecuária Técnica (UFPB)*, v.20, n.1, p.14-19, 1999.
- ANDRADE, L. A.; MACHADO, C. C. C. Diagnóstico geoambiental integrado do município de Areia, Paraíba, como subsídio para o planejamento e gestão ambiental: caracterização do uso e cobertura da terra no município de Areia-PB. 24f. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018.
- BERTOL, I.; CASSOL, E.; MERTEN, G. H. Modelagem e modelos utilizados para estimar a erosão do solo. In: BERTOL, I.; MARIA, I. C. de; SOUZA, L. da S. Manejo e conservação de solo e da água. Viçosa: SBCS, 2019. 1355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014. 355p.
- BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. Brasília: Embrapa, 2007. p.193-234.
- BLANCO, H.; LAL, R. Principles of soil conservation and management. New York: Springer, 2008.

- CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6, n.1, 2006.
- CAON, D.; GENÚ, A. M. Mapeamento de atributos químicos em diferentes densidades amostrais e influência na adubação e calagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.6, p.629-639, 2013.
- CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, Jr. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.6, p.632-638, 2012.
- CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. 1994.
- CEZAR, E.; NANNI, M. R.; CHICATI, M. L.; SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S. Avaliação e quantificação das frações silte, areia e argila por meio de suas respectivas reflectâncias. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.4, p.1157-116, 2012.
- CUTILLAS, P. P.; BARBERÁ, G. G.; GARCÍA, C. C. Evaluación de la erosionabilidad (factor k) y su variabilidad espacial en relación con los usos del suelo. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, n.23, p.71-96, 2019.
- DIAS, E. R.; SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-Paraíba. *Caminhos de Geografia*, v.16, n.54, p.192-204, 2015.
- DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, F. C.; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.9, p.1003-1020, 2016.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Status of the World's Soil Resources. Main report. Roma, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>. Acesso em: 13 de janeiro de 2021.
- FARIAS, L. C. de. Diagnóstico físico-conservacionista das terras e a percepção comunitária – Bacia hidrográfica da barragem Vaca Brava–Areia, PB. 127f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2006.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.32, n.2, p.37-50, 2017.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; CHAVES, L. H. G.; BRANDÃO, Z. N.; LIMA, E. R. V.; SILVA, B. B. Mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica do Rio Taperoá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.2, p.271-286, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D. Análise e mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez através do BHC para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1093-1108, 2015.

- FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. N.; MORAES NETO, J. M. Mapeamento da deterioração ambiental em área de vegetação Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.2, p.304-318, 2014.
- FRANCISCO; P. R. M.; PEDROZA; J. P.; BANDEIRA; M. M.; SILVA; L. L. da; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia*, v.33, n.1, p.248-262, 2016.
- GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, A. C. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do Agreste em Vaca Brava, PB. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.4, p.955-962, 2005.
- GOMES, L. L. Avaliação espacial da perda de solo por erosão pela Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) – pilha de estéril sul – Carajás/PA. 171p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 de dezembro de 2020.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. Normais climatológicas do Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 12 de dezembro de 2020.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13, 2002, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, 2002.
- KADLEC, V.; HOLUBÍK, O.; PROCHÁZKOVÁ, E.; URBANOVÁ, J.; TIPPL, M. Soil organic carbon dynamics and its influence on the soil erodibility factor. *Soil and Water Research*, v.7, n.3, p.97-108, 2012.
- LEANDRO JÚNIOR, E. F. L. J.; CUNHA, R. M. C.; NASCIMENTO, J. M.; ARCOVERDE, S. N. S.; SECRETTI, M. L. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo a partir de diferentes malhas amostrais em duas safras agrícolas. *Caderno de Ciências Agrárias*, v.12, n.1, p.1-9, 2020.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, v.51, n.1, p.189-196, 1992.
- LOURENÇO, I. H.; BRITO FILHO, E. G.; CAMPOS, M. C. C.; CUNHA, J. M.; BRITO, W. B. M.; SOARES, M. D. R. Avaliação da erodibilidade do solo em áreas de terra preta arqueológica com pastagem e floresta nativa no sul do Amazonas. *Acta Iguazu*, v.9, n.11, p.90-98, 2020.
- MINGOTI, R.; VETTORAZZI, C. A. Relative reduction in annual soil loss in micro watersheds due to the relief and forest cover. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.6, p.1202-1211, 2011.
- MORAIS, R. C. DE S.; SALES, M. C. L. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos solos da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. *Caderno de Geografia*, v.27, n.1, p.138-158, 2017.
- MORGAN, R. P. C. Soil erosion and conservation. 3. ed. Londres: Blackwell Science, 2015. 304p.

- MOTA, J. C. A.; LOMBARDI, P. L.; BRITO, A. S.; MORAES, S. O.; NASCIMENTO, I. V.; ALENCAR, T. L. Variabilidade espacial dos parâmetros da equação de van Genuchten em um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Revista Agro@ambiente On-line*, v.11, n.2, p.92-100, 2017.
- NASCIMENTO, C. W. A.; CHAVES, I. B. Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha-PB. *Ciência Rural*, v.26, n.3, p.407-412, 1996.
- OR, D.; WRAITH, J. M. Soil water content and water potential relationships. In: WARRICK, A.W. (Ed.). *Soil physics companion*. Boca Raton: CRC Press, 2002. p.49-84.
- PANACHUKI, E. B.; ILDEGARDIS, A. S.; TEODORICO, O. P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.5, p.1777-1786, 2011.
- PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, v.267, n.1, p.1117-1123, 1995.
- RAIMO, L. A. Di. L. D.; AMORIM, R. S. S.; TORRES, G. N.; BOCUTI, E. D.; COUTO, E. G. Variabilidade espacial da erodibilidade no estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42, n.1, p.55-67, 2019.
- RÖMKENS, M. J. M. et al. Soil erodibility factor (K). In: RENARD, K. G. et al. (Eds.) *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*, Washington: US Department of Agriculture, 1997. 407p. (Agriculture Handbook, n. 703).
- ROWLETT, R. A dictionary of units of measurement. University of North Carolina at Chapel Hill, 2000.
- SALES, J. F. S. Estimativa de perdas de solo por erosão em propriedades rurais registradas no cadastro ambiental rural no município de Alagoa Nova-PB. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018.
- SANTOS, A. C. dos. Fertilidade de solo e redistribuição de ¹³⁷Cs em função da cobertura vegetal, relevo e classes texturais, em uma microbacia hidrográfica do Estado da Paraíba. 67f. Tese de Doutorado (Doutorado em Tecnologia Energéticas e Nucleares). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.
- SANTOS, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; ÁGILE, M. L. D. *Árvore do conhecimento: Arroz*. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. 2p.
- SCOPEL, I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; SOUZA, M. S.; PEIXINHO, D. M.; FERREIRA D. M. Neossolos Quartzarênicos órticos das áreas de areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: características físicas e morfológicas. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, L. A. P. da; GUASSELLI, L. A. (Org.). *Arenização: natureza socializada*. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre, 2012. p. 489-528.
- SHIRAZI, M. A.; BOERSMA, L.; HART, J. W. A unifying quantitative analysis of soil texture: improvement of precision and extension of scale. *Soil Science Society of America Journal*, v.52, n.1, p.181-190, 1988.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI JUNIOR, N.; AVANZI, C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.6, p.1811-1820, 2009.

SILVA, B. T. Uso de geotecnologias na determinação das condições ambientais e do assoreamento ao açude Vaca Brava, Areia-PB. 68p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2012.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M.; FERREIRA, M. M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.6, p.1207-1220, 2000.

SILVA, R. L.; De MARIA, I. C. Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.6, p.554-561, 2011.

SILVA, V. R. Compressibilidade de um Podzólico e um Latossolo em função do estado inicial de compactação e saturação em água. 116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 1999.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. *Ciência Rural*, v.30, n.5, p.795-801, 2000b.

SOUSA, A. T.; CORRECHEL, V. Diagnóstico de processo erosivo em Neossolo Quartzarênico em Quirinópolis (GO). *Ateliê Geográfico*, v.9, n.2, p.136-153, 2015.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos. 2000. 568p.

TORRI, D.; POESEN, J.; BORSELLI, L. Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global dataset. *Catena*, v.31, n.1-2, p.1-22, 1997.

WANG, B.; ZHENG, F.; RÖMKENS, M. J. M. Comparison of soil erodibility factors in USLE, RUSLE2, EPIC and Dg models based on a Chinese soil erodibility database. *Acta Agriculturae Scandinavica*, v.63, n.1, p.69-79, 2012.

WARRICK, A. W.; NELSON, D. R.; BIGGAR, J. W. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: HILLEL, D. ed. *Applications of soil physics*. Cap. 13, p. 319-344. New York: Academic Press, 1980.

WEI, H.; ZHAO, W. The optimal estimation method for K value of soil erodibility: A case study in Ansai Watershed. *China Soil and Water Conservation Science*, v.15, p.52-65, 2017.

WILLIAMS, J. R. The erosion-productivity impact calculator (EPIC) model: a case history. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v.329, n.1255, p.421-428, 1990.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion loss: a guide to conservation planning*. U.S. Department Agric. Washington D.C. Handb. No. 537, 1978. 58p.

ZHANG, X.; ZHAO, W.; WANG, L.; LIU, Y.; FENG, Q.; FANG, X.; LIU, Y. Distribution of shrubland and grassland soil erodibility on the Loess Plateau. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v.15, n.6, p.1193-1193, 2018.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA IRRIGADA DA PALMA FORRAGEIRA (*OPINTIA SP.*) EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Paulo Roberto Megna Francisco

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

Viviane Farias Silva

Dra. Profª. Associada, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

Djail Santos

Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdjail@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0003-2207-3115>

George do Nascimento Ribeiro

Dr. Prof. Associado, CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

Gypson Dutra Junqueira Ayres

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fgypsond@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-1959-1424>

Guttemberg da Silva Silvino

Dr. Prof. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, guttemberg@cca.ufpb.br

 <http://orcid.org/0000-0002-9199-2732>

Luciano Marcelo Fallé Saboya

Dr. Prof. UEAG, UFCG, Campina Grande-PB, lsaboya@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-7586-6867>

Introdução

A palma forrageira (*Opintia sp.*) é um membro da família das Cactáceas, cultivada em todo o mundo, exceto na Antártica, em mais de 1.000.000 ha principalmente para a produção de frutas e

fornagem, além do uso como planta ornamental (REYES-AGÜERO et al., 2006; CARDADOR-MARTINEZ et al., 2011).

Embora possua uma reconhecida gama de potencialidades, a palma forrageira tem sido cultivada no Semiárido Brasileiro quase exclusivamente para a produção de forragem (SANTOS et al., 2001; ARAÚJO et al., 2005; PINTO et al., 2011) e se tornou, ao longo das décadas, uma das principais alternativas para alimentação dos rebanhos, sobretudo em longos períodos de estiagem, quando as pastagens nativas e outras forrageiras, tais como as gramíneas e leguminosas de elevada exigência hídrica, estão sob fortes condições de estresse hídrico (ALBUQUERQUE, 2000).

A palma forrageira é bem adaptada às condições semiáridas suportando longos períodos de estiagem. Esta boa adaptabilidade é atribuída, sobremaneira, à sua fisiologia caracterizada pelo processo fotossintético do Metabolismo Ácido das Crassuláceas (SNYMAN, 2006).

Para um bom desenvolvimento dessa cultura é recomendado solos argilosos de boa drenagem, adubação orgânica e/ou mineral, áreas com precipitação pluvial anual, média, entre 400 e 800mm, umidade relativa 40% e temperatura diurna/noturna de 25/15°C (NOBEL, 1995). Santos et al. (2006), afirmam que o bom desenvolvimento da palma ocorre em regimes cuja precipitação pluviométrica anual oscila entre 400 e 800mm.

A Paraíba tem como características climáticas marcantes, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal do seu regime de chuvas. Essas condições climáticas interferem diretamente na produção de alimentos, fazendo com que haja a necessidade de se aumentar a produção e produtividade das culturas, mas para que haja esse aumento, é indispensável que sejam aplicadas tecnologias já adaptadas para cada região, bem como, pesquisar novas tecnologias (MENEZES et al., 2010).

De acordo com Sampaio et al. (2011), nas últimas décadas, a irrigação tem desempenhado papel indispensável ao incremento da produtividade de culturas básicas, possibilitando o desenvolvimento econômico de muitas regiões, e ao mesmo tempo incorporando novas áreas ao processo produtivo, garantindo com isso, o abastecimento interno e ampliando as exportações de produtos agrícolas.

Os fenômenos terrestres vêm sendo, a cada dia, mais bem compreendidos com a adoção de uma abordagem multi e interdisciplinar, por meio da integração do estudo das diversas variáveis que controlam os sistemas naturais, mesmo que modificados em relação aos originais, como, por exemplo, os ecossistemas agrícolas (VIDAL-TORRADO et al., 2005).

As classificações técnicas, também chamadas de interpretativas, são caracterizadas por utilizarem um pequeno número de atributos para separar os indivíduos em classes e atenderem a um determinado objetivo. No caso da classificação técnica ou interpretativa para o uso e manejo das terras, esta consiste da previsão do comportamento dos solos, sob manejos específicos e sob certas condições ambientais (STEELE, 1967, apud PEREIRA & LOMBARDI NETO, 2004). É, normalmente,

baseada em interpretação de estudos básicos (levantamentos taxonômicos) de solos (CAMARGO et al., 1987; EMBRAPA, 1999).

Conforme Rowntree (1990), a bacia hidrográfica oferece uma excelente estrutura para manejo e planejamento dos recursos hídricos integrando com o desenvolvimento de políticas ambientais, sociais e econômicas.

Portanto, este trabalho objetiva para a bacia hidrográfica do médio curso do rio Paraíba, avaliar e mapear o potencial da produção agrícola irrigada da palma forrageira utilizando técnicas de geoprocessamento.

Material e Métodos

A área de estudo compreende a região do médio curso do rio Paraíba com área de 379.406,37 ha localizada no Estado da Paraíba, considerada a 6ª maior bacia (Figura 1), composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro.

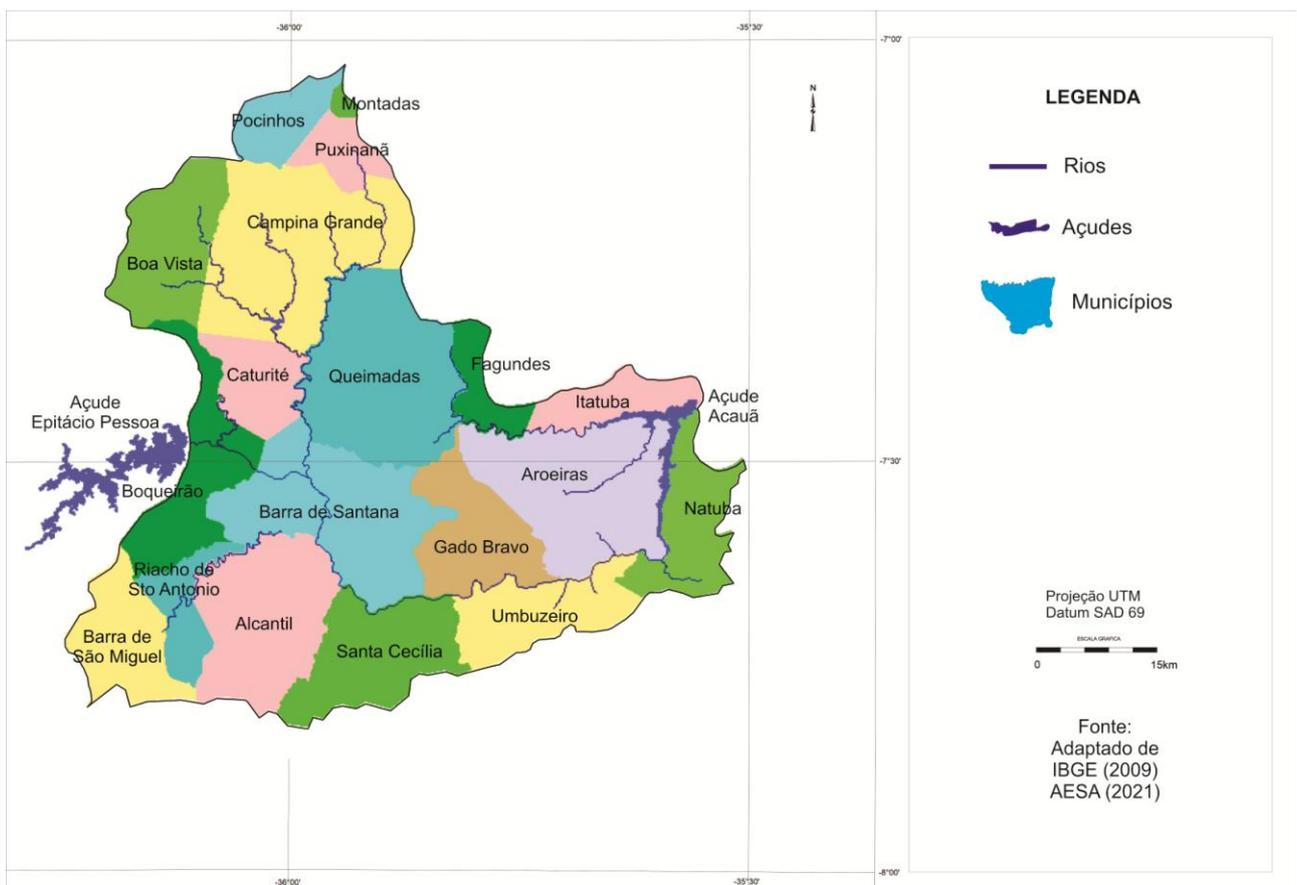


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: adaptado de IBGE (2009); AESA (2021).

Conforme Francisco (2010), a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' -

Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. A precipitação decresce do litoral para o interior da região (600 mm.ano^{-1}) devido, principalmente, a depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano^{-1} , e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m).

A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila (FRANCISCO, 2010). Os solos predominantes na área de estudo, conforme Campos e Queiroz (2006) são Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e Vertissolo Cromado Órtico típico, Planossolo Nátrico Órtico típico (Figura 2).

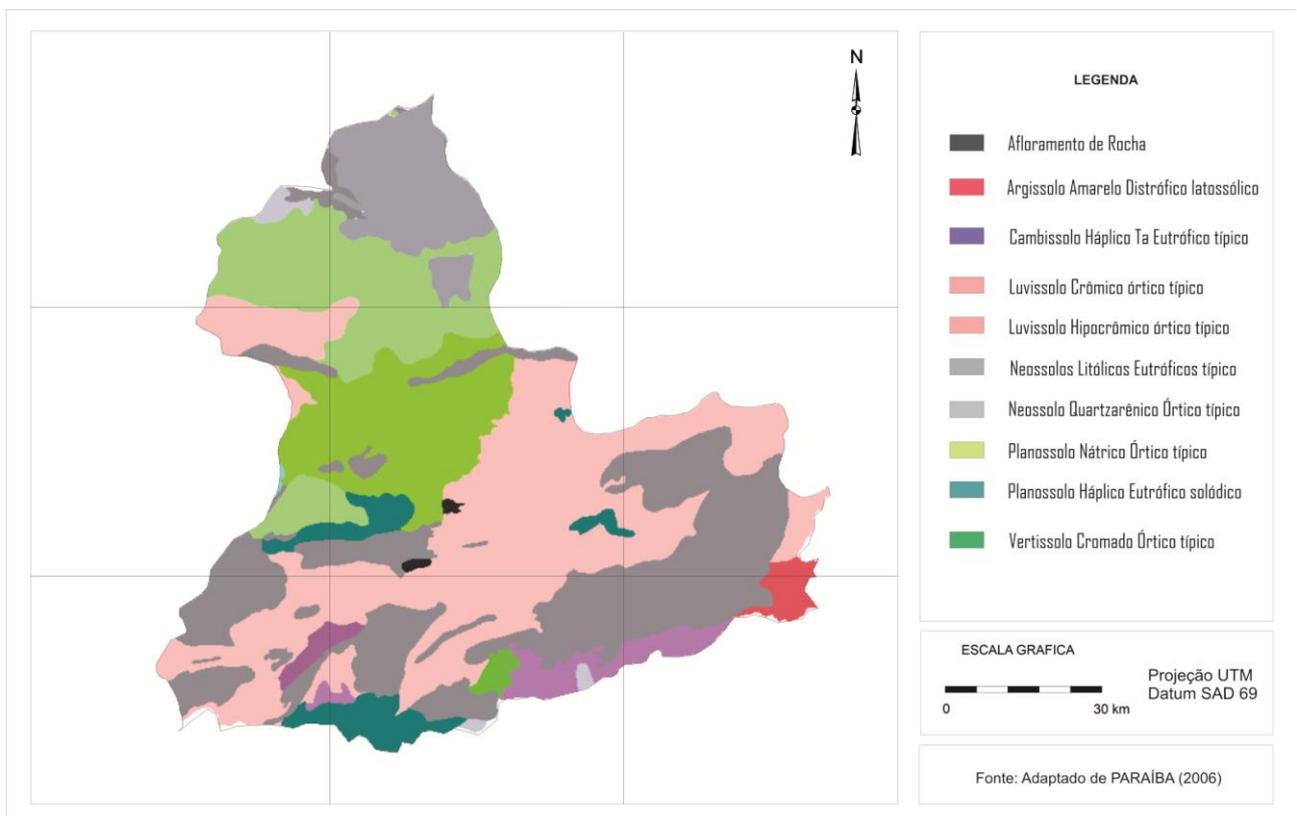


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Baseada nas potencialidades e limitações de solo e de clima para cultura agrícola e considerando o uso da terra na condição de sequeiro (sem irrigação) e um cenário pluviométrico, foi elaborado o mapa do potencial de produção agrícola entre o cruzamento matricial do potencial de irrigação e de capacidade de retenção de água dos solos.

Para tal, foi utilizado o mapa de potencial de irrigação dos solos elaborado por Francisco et al. (2021) que utilizou a classificação do *Bureau of Reclamation* (BUREC, 1953) com adaptações desenvolvidas para as condições da região nordeste do Brasil por Cavalcanti et al. (1994), onde por este trabalho foi categorizado nas classes de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classes do potencial de irrigação dos solos

Classes de Irrigação	
I 1	Terras aráveis, altamente adequadas para agricultura irrigada
I 2	Terras aráveis, com moderada aptidão para agricultura irrigada
I 3	Terras aráveis com aptidão restrita para agricultura irrigada
I 4	Terras aráveis de uso especial
I 5	Terras não-aráveis, mas em situação provisória
I 6	Terras não-aráveis

Também foi elaborado o mapa de capacidade de retenção de água dos solos baseado na metodologia do MAPA (2008) e de Francisco et al. (2011) utilizando as classes de capacidade de uso (PARÁIBA, 1978), onde foi possível classificar e elaborar o mapa categorizado conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da Capacidade de retenção de água dos solos

Classe	Condições do solo
T1 - Tipo 1	Com teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15
T2 - Tipo 2	Com solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia
T3 - Tipo 3	Com solos com teor de argila maior que 35%
AP - Área Proibida	Sendo expressamente proibido o plantio de qualquer cultura que esteja em solos que apresentem teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo; em solos que apresentem profundidade inferior a 50 cm; em solos que se encontra em áreas com declividade superior a 45%; e em solos muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matacões ocupam mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno

Fonte: MAPA (2008).

Após, foi gerado o mapa parcial através do cruzamento matricial dos mapas de potencial de irrigação dos solos e de capacidade de retenção dos solos, utilizando o LEGAL do SPRING. As classes foram definidas pelo mais alto grau de limitação imposto e categorizado pelas classes definidas conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Classes do cruzamento matricial entre o mapa parcial de potencial de irrigação e o de capacidade de retenção de água no solo

Classes Irrigação	Capacidade retenção de água no solo			
	T1	T2	T3	AP
I1	MA1	MA2	MA3	MA4
I2	A1	A2	A3	A4
I3	M1	M2	M3	M4
I4	B1	B2	B3	B4
I5	MB1	MB2	MB3	MB4
I6	MB1	MB2	MB3	MB4

Legenda: I-Irrigação; T- Cap. Ret. Água no Solo; MA-Muito Alto; A-Alto; M-Médio; B-Baixo; MB-Muito Baixo.

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos da base de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), para o período de 109 anos entre 1912 a 2021 dos postos pluviométricos e selecionando-se os que possuem 30 ou mais anos de observações e procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série, sendo utilizada uma planilha eletrônica e elaborado o cálculo de pluviosidade. O mapa foi especializado utilizando o software Surfer® 9 trial pelo método estatístico de interpolação por krigagem e após o mapa recortado utilizando os limites da bacia e importado ao SIG SPRING.

Utilizando o mapa de pluviosidade média anual foi elaborado o mapa da condição climática para a cultura da palma forrageira. A discriminação da condição climática foi adaptada de Francisco e Santos (2018) e da proposta de Varejão e Barros (2002). As classes foram definidos em 5 critérios determinadas de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Classes de condição climática para a palma forrageira

Legenda	Condição Climática	Pluviosidade (mm)
C1	Plena	600-800
C2	Plena com período chuvoso prolongado	800-850
C3	Moderada por excesso hídrico	> 850
C4	Moderada por deficiência hídrica	400-600
C5	Inapta por deficiência hídrica acentuada	< 400

Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2018).

Após foi elaborada uma linguagem no LEGAL do SPRING para geração do mapa de potencial de produção agrícola através do cruzamento matricial entre o mapa parcial e o mapa de cenário climático, conforme a categorização das classes descritas na Tabela 5.

Tabela 5. Classes do potencial de produção agrícola das culturas

Potencial Parcial	Condição climática				
	C1	C2	C3	C4	C5
IT1	MA1	MA2	MA3	MA4	MB5
IT2	A1	A2	A3	A4	MB6
IT3	M1	M2	M3	M4	MB7
IT4	B1	B2	B3	B4	MB8
IT5-IT6	MB1	MB2	MB3	MB4	MB9

Legenda: C-Condição climática; I-Irrigação; T- Cap. Ret. Água no Solo; MA-Muito Alto; A-Alto; M-Médio; B-Baixo; MB-Muito Baixo.

Resultados e Discussão

De acordo com a Figura 3, observa-se Terras aráveis com aptidão restrita da classe 3, com área de 44.264,00 ha representando 11,67% da área total. Terras aráveis de uso especial da classe 4 com

área de 32.029,00 ha representando 8,44% do total. As Terras não aráveis da classe 6 apresentam área de 303.113,37 ha em 79,89% da bacia. Estas estão distribuídas em toda a região da bacia onde ocorre diversidade de solos.

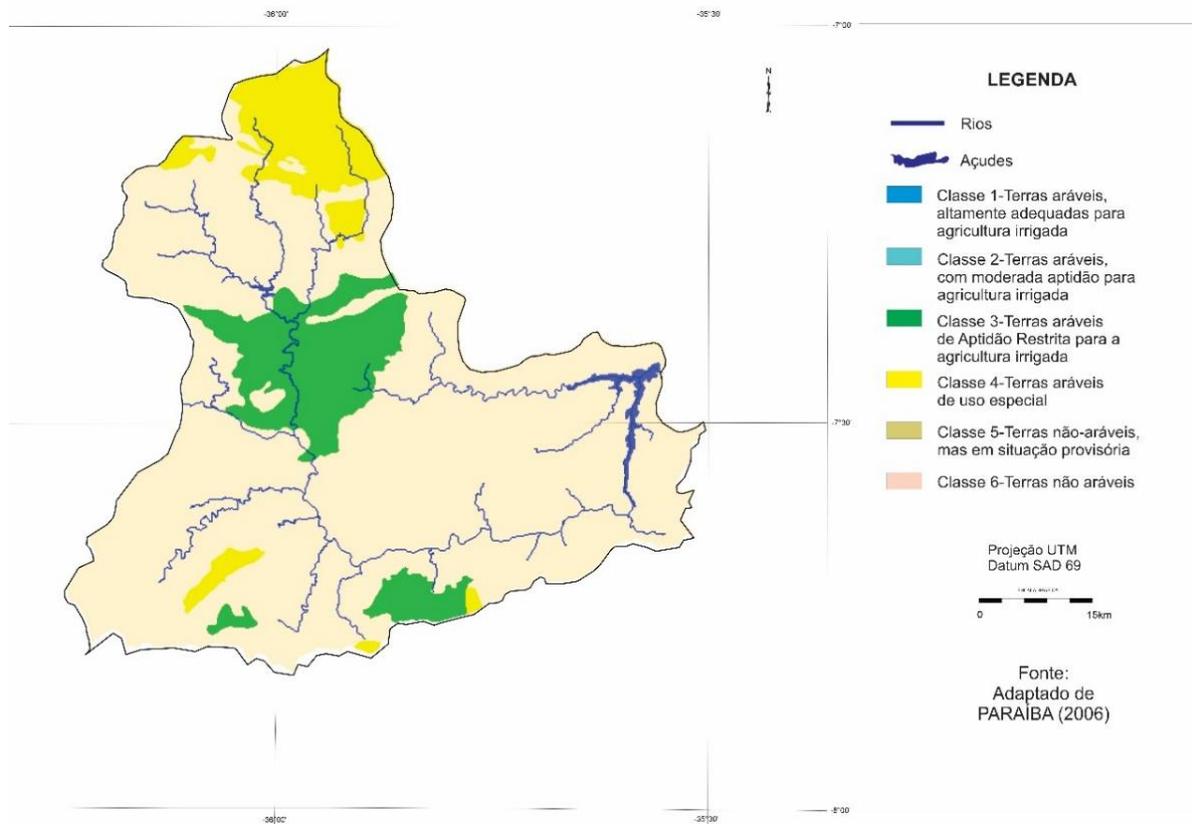


Figura 3. Potencial para irrigação da área de estudo. Fonte: Francisco et al. (2021).

Identifica-se 64.041,00 ha de terras do Tipo 1 (Figura 4) representando 16,88% da área total da bacia. As áreas de terras do Tipo 2 perfazem 71.135,00 ha, representando 18,75% da área total. As áreas de terras do Tipo 3 perfazem um total de 64.284,00 ha, representando 16,94% da área. As áreas identificadas como Proibidas totalizam 179.946,37 ha, representando 47,43% da área distribuídas pela bacia.

As áreas recomendadas para irrigação mapeadas por este trabalho (Figura 5) apresentam para a classe Média área de 44.250,12 ha representando 11,66% do total. A classe Baixa com 32.016,51 ha de área representando 8,44% do total localizada ao norte da bacia. A classe Muito Baixa em 79,90% da área com 303.139,74 ha distribuída por toda a bacia hidrográfica.

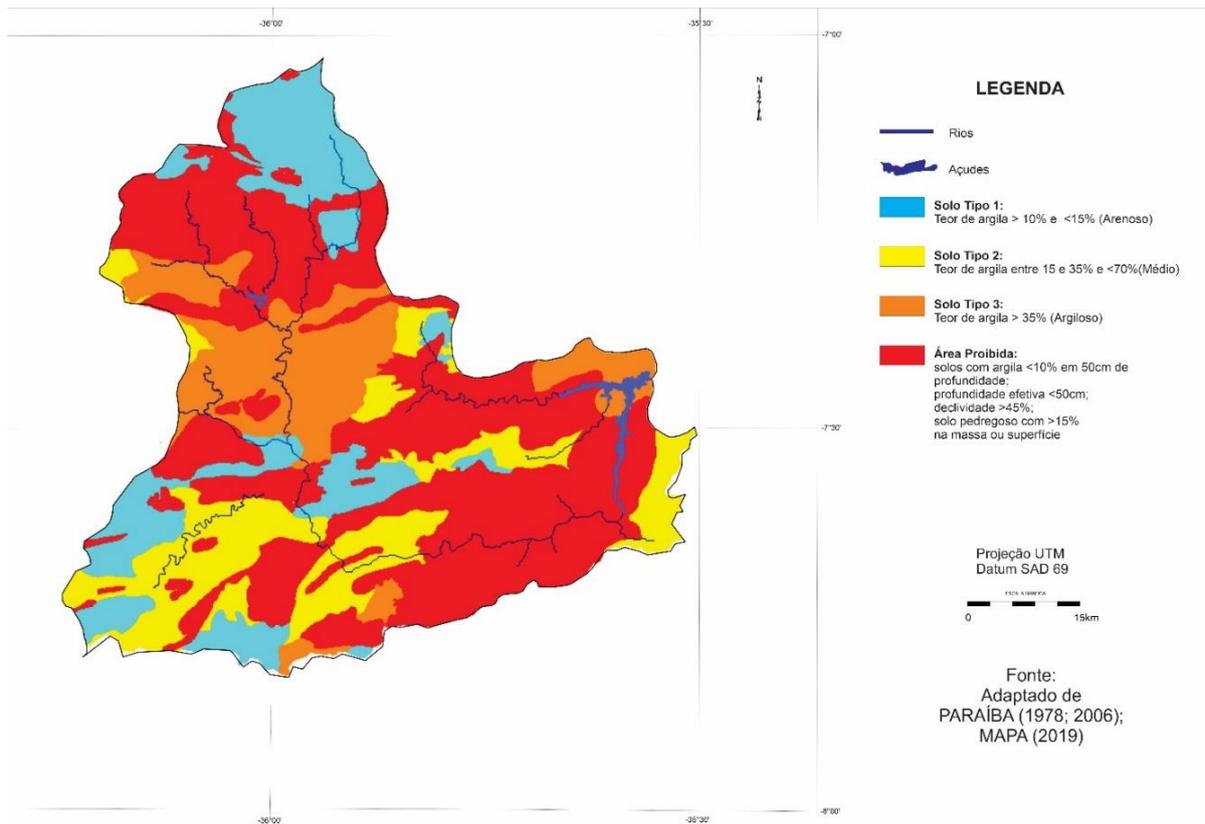


Figura 4. Capacidade de retenção de água no solo da área de estudo.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); MAPA (2019).

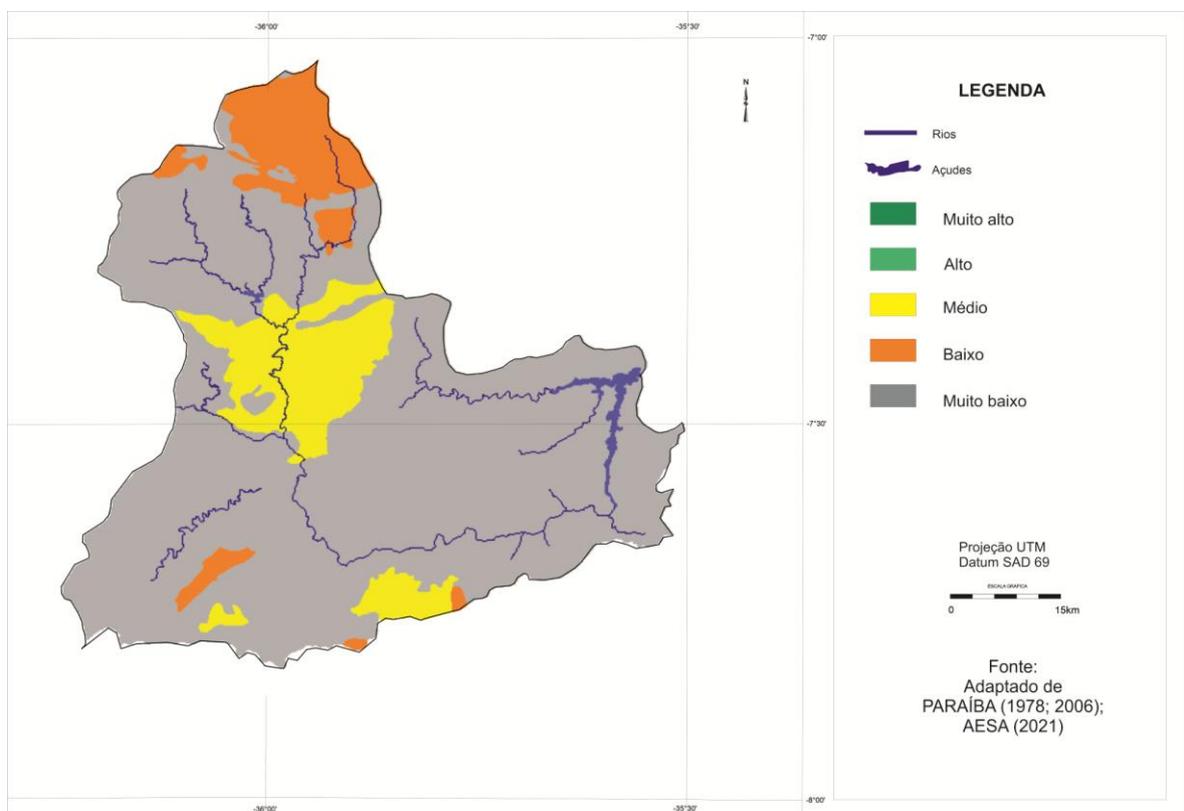


Figura 5. Recomendação para irrigação.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); AESA (2021).

No mapa da condição climática para a cultura da palma (Figura 6), observa-se que 68,34% das terras da bacia distribuídas em 259.282,53 ha, apresenta condição climática Plena (C1) localizada de norte a sul por toda a bacia. A condição climática plena com período chuvoso prolongado (C2), apresenta área de 35.663,31 ha (9,40%), localizadas ao leste da bacia, com maior predominância na divisa com Pernambuco nos municípios de Umbuzeiro e Natuba. A classe moderada por excesso hídrico (C3) com 14.867,10 ha representado 3,92% da área localiza-se no município de Natuba e de Alcântil.

Para a condição climática Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se 69.593,43 ha representando 18,34% do total das terras. Essas áreas apresentam-se a oeste da bacia em Boa Vista, Boqueirão e Barra de São Miguel. Observa-se que áreas inaptas por deficiência hídrica acentuada (C5) não ocorrem na bacia para a cultura da palma forrageira.

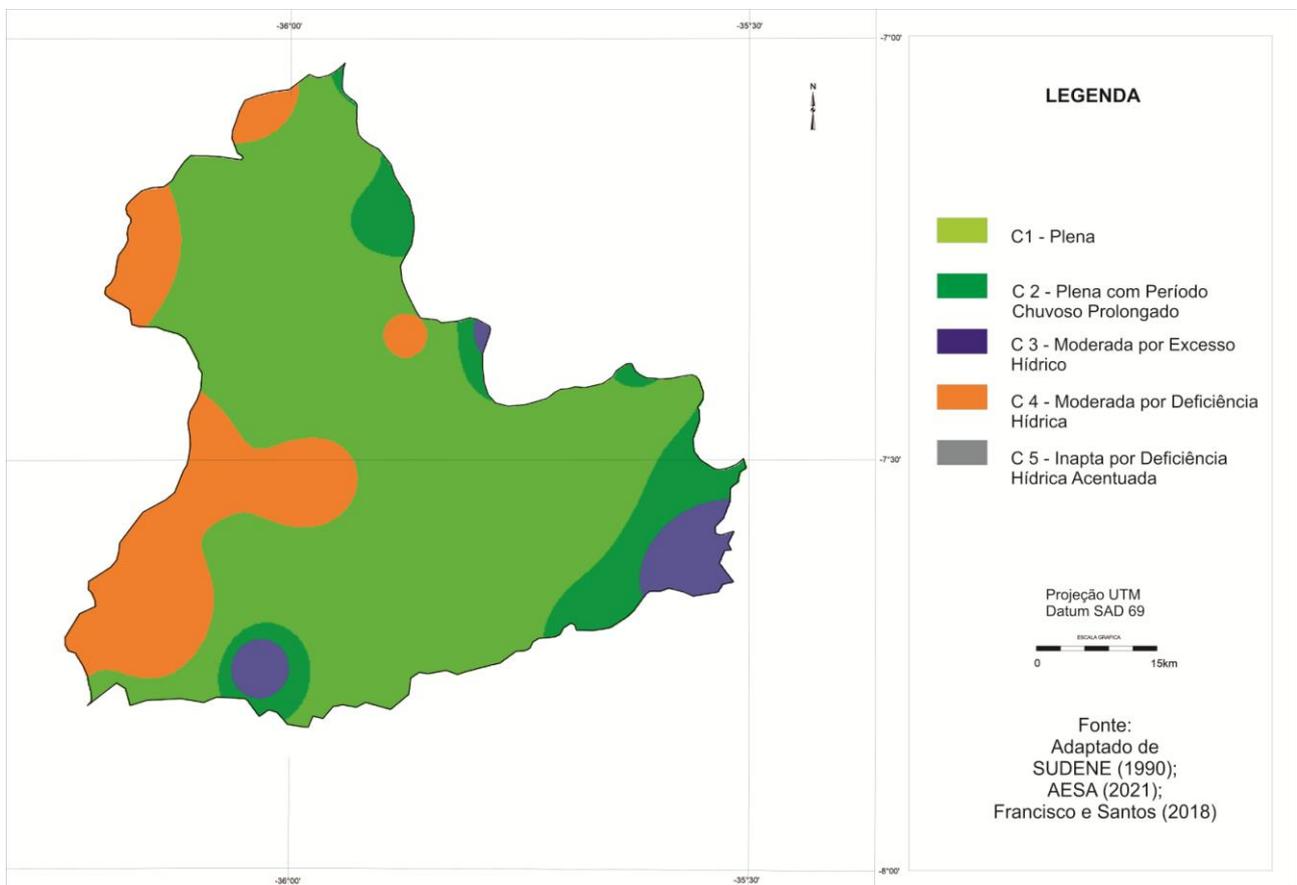


Figura 6. Condição climática para a palma forrageira.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); AESA (2021); Francisco e Santos (2018).

Matos et al. (2016), avaliando a aptidão agroclimática do município de Barbalha-CE, região semiárida, similar a deste estudo, observaram que possui aptidão restrita para o cultivo da palma forrageira em decorrência das condições climáticas e hídricas não serem adequadas ao desenvolvimento da cultura. Resultado similar a este estudo. Portanto, o cultivo da palma forrageira nesta região requer um planejamento adequado, como a utilização de cultivares resistentes as

temperaturas mais elevadas e suprimento hídrico através de irrigação nas épocas em que o solo apresenta déficit de umidade.

Para Andrade Junior et al. (2009), dentre os fatores climáticos, a chuva é o de maior importância, provoca os maiores prejuízos não só pela quantidade insuficiente, mas principalmente pela sua má distribuição espacial e temporal. A ocorrência de secas periódicas e veranicos em períodos que deveriam ser chuvosos, fenômenos que são relativamente frequentes, tornam a prática da agricultura de sequeiro nessa região uma atividade de altíssimo risco.

Conforme Marengo et al. (2004), é importante observar cuidadosamente o comportamento da deficiência hídrica no planejamento agrícola, para obtenção de cultivos agrícolas mais seguros e economicamente viáveis.

Na Figura 7, no mapa de potencial de produção agrícola irrigada da palma forrageira, observa-se que a classe Média abrange 31.156,65 ha (10,54%) com ocorrência das subclasses M1 e M2 (Tabela 6). Notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial Médio, e condição climática Plena, Plena com período chuvoso prolongado e por Moderada por deficiência.

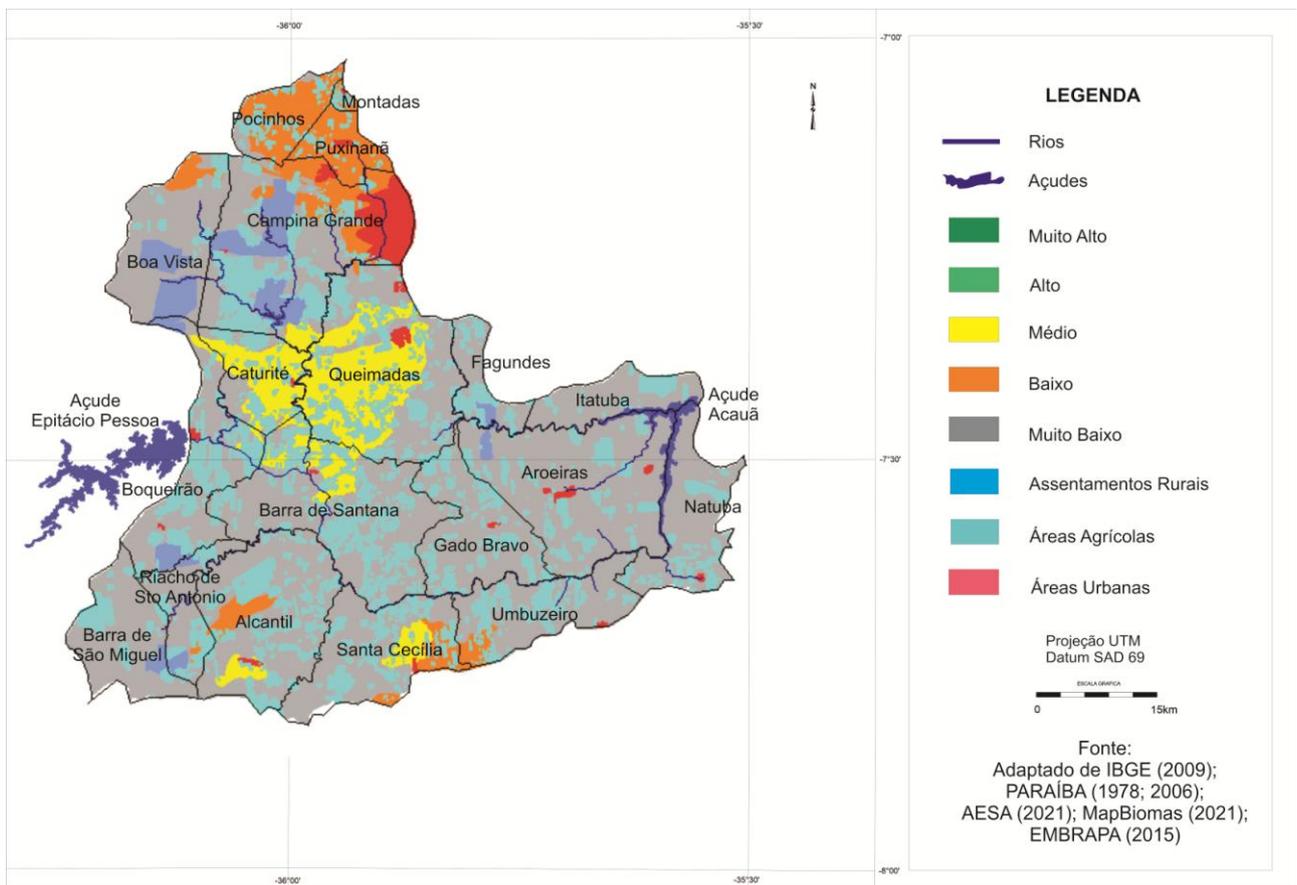


Figura 7. Potencial de produção agrícola para a palma forrageira.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); AESA (2021).

As áreas da classe Baixa contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 35.853,03 ha, representando 9,45% da área total, com ocorrência das subclasses B1, B2 e

B4. Estão localizadas ao norte da bacia em Pocinhos, Puxinanã e Campina Grande, e ao sul em Alcantil, Santa Cecília Umbuzeiro.

Puxinanã tradicionalmente cultiva a palma forrageira e o sisal (RIBEIRO et al., 2008; CAVALCANTE, 2021), enquanto a produção pecuária tem como principais rebanhos os animais caprinos, equinos, ovinos, suínos e bovinos (IBGE, 2017).

A região de Campina Grande e Boqueirão é tradicionalmente pastoril, onde tem predominando a criação de caprinos. Outrora com produção expressiva de algodão e na atualidade cultiva palma e culturas alimentares (FRANCISCO, 2010).

Tabela 6. Classes de potencial de produção agrícola para a palma forrageira

Classe	Subclasse	Área (ha)	%
Muito Alta	MA1/MA2	-	-
Alta	A1/A2	-	-
	M1	30.785,31	8,11
	M2	371,34	0,10
Média	M3/ M4/M5/M6	-	-
	M7	886,50	0,23
	M8	7.610,85	2,10
Baixa	B1	28.618,20	7,54
	B2	3.674,97	0,97
	B3	-	-
	B4	3.559,86	0,94
Muito Baixa	MB1	200.718,00	52,90
	MB2	31.311,21	8,25
	MB3	13.504,14	3,56
	MB4	58.365,99	15,38
	MB5/MB6/MB7/MB8/MB9	-	-
Total		379.406,37	100,00

As áreas de potencial Muito Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 303.899,34 ha, representando 80,01% da área total, com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB3 e MB4, predominando a subclasse MB1 (52,90%). Esta classe ocorre em quase toda a bacia por apresentarem inaptidão dos solos ao plantio e irrigação da cultura.

Para a cultura da palma forrageira, os resultados deste mapeamento do potencial de produção agrícola irrigado estão de acordo com os dados do IBGE (2017) de produção. No mapeamento da produção da cultura observa-se que os menores valores estão localizados ao oeste da bacia, seguindo as linhas de pluviosidade necessária a produção localizados em solos de potencial muito baixo para a cultura.

Estes resultados indicam a experiência dos agricultores quanto à produção e está de acordo com a aptidão agrícola de risco climático recomendado pelo MAPA (2019). Observa-se que algumas áreas estão localizadas próximo ao açude Epitácio Pessoa e nas margens a jusante, podendo caso necessário o uso da irrigação, desde que sigam as recomendações da época de plantio e da cultivar mais adequada, como também o manejo adequado para a irrigação.

Bezerra et al. (2014), realizando o zoneamento de aptidão climática da cultura da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o Estado da Paraíba, constataram que a mesorregião da Borborema, região onde consta a bacia hidrográfica estudada neste trabalho, é a que propicia as melhores condições climáticas para o cultivo desta cactácea. Além do padrão de precipitação predominante estar dentro da faixa de aptidão plena para o cultivo da palma forrageira, outros fatores climáticos também converge para esta condição, tais como a temperatura.

Embora possua uma reconhecida gama de potencialidades, a palma forrageira tem sido cultivada no Semiárido Brasileiro quase exclusivamente para a produção de forragem (SANTOS et al., 2001; ARAÚJO et al., 2005) e de acordo com Bezerra et al. (2014) se tornou, ao longo das décadas, uma das principais alternativas para alimentação dos rebanhos, sobretudo em longos períodos de estiagem, quando as pastagens nativas e outras forrageiras, tais como as gramíneas e leguminosas de elevada exigência hídrica, estão sob fortes condições de estresse hídrico.

Conclusão

O uso das técnicas de geoprocessamento proporcionou resultados satisfatórios no mapeamento das áreas.

Para cultura da palma forrageira foi identificada condição climática Plena (C1) em 68,34% do total da bacia; a condição climática plena com período chuvoso prolongado (C2) em 9,40%, e a condição climática moderada por excesso hídrico (C3) em 3,92%, a condição climática Moderada por deficiência hídrica (C4) em 18,34%, a condição inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) não ocorreu na bacia.

O potencial de produção agrícola irrigada para a cultura a palma forrageira não apresentou potencial Muito Alto (MA) e Alto (A), o potencial Médio (M) em 10,54%, Baixo (B) em 9,45%, e o potencial Muito Baixo (MB) em 80,01% da bacia.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2021. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de abril 2021.
- ALBUQUERQUE, S. G. DE. Cultivo da palma forrageira no sertão do São Francisco. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. 6p. (Comunicado Técnico, 91).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, F. A. M.; LIMA, M. G.; AMARAL, J. A. B. Zoneamento de aptidão climática para o algodoeiro herbáceo no Estado do Piauí. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.2, p.175-184, 2009.

- ARAÚJO, L. F.; MEDEIROS, A. N.; PERAZZO NETO, A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. DA. Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus - indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. Brazilian Archives of Biology and Technology, v.48, p.161-168, 2005.
- BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.7, p.755-761, 2014.
- BUREC. Department of the Interior of United States. Bureau of Reclamation Manual. Irrigated Land use: Land Classification. v.5. pt.2. Denver, 1953. 54p.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.12, n.1, p.11-33, 1987.
- CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclasseificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.1, p.45-50, 2006.
- CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, C.; SANDOVAL, G. Revalorization of cactus pear (*Opuntia* ssp.) wastes as a sources of antioxidants. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.31, p.782-788, 2011.
- CAVALCANTE, G. T. DE O. Diagnóstico dos principais indicadores socioambientais do sisal no recorte geográfico de Pocinhos/PB. 122f. Dissertação (Desenvolvimento Regional). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2021.
- CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAÚJO FILHO, J. C. A.; SILVA, F. B. R. Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 38p.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. Potencial de irrigação da região do médio curso do rio Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 7, 2021, Goiânia. Anais...Goiânia, 2021.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. DE; SÁ, T. F. DE. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí–PB. Revista Brasileira de Geografia Física, v.5, p.1043-1055, 2011.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas. 1ª ed. EPGRAF: Campina Grande, 2018. 120p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20/10/2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Portarias segmentadas. 2019. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>. Acesso em: 9 de maio de 2021.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/documentos/INn2de09.10.2008.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low-level Jet East of the Andes as Derived from NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of Climate*, v.17, n.12, p.2261-2280, 2004.

MATOS, R. M. DE; SILVA, P. F. DA; BORGES, V. E.; MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; DANTAS NETO, J. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o município de Barbalha-CE. *Revista Espacios*, v.38, n.23, p.27, 2017.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; LIMA, R. A. F. DE A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.181-186, 2010.

NOBEL, P. S. Environmental biology. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTABARRIOS, E. Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. Rome: FAO, 1995. p.36-48. (Plant Production and Protection, 132).

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eletro Consult Ltda. 1978. 448p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.

PEREIRA, L. C.; LOMBARDI NETO, F. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguaríuna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36p.

PINTO, T. F.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N. DE; MEDEIROS, G. R.; AZEVEDO, P. S.; OLIVEIRA, R. L.; TREVIÑO, I. H. Use of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) replacing corn on carcass characteristics and non-carcass components in Santa Inês lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1333-1338, 2011.

REYES-AGÜERO, J. A.; AGUIRRE, J. R.; VALIENTE-BANUET, R. A. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of Arid Environments*, v.64, p.549-585, 2006.

RIBEIRO, G. DO N.; TEOTIA, H. S.; MARACAJÁ, V. P. B. B.; BARROS, D. F. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal no agreste paraibano: municípios de Pocinhos e Puxinanã. *Revista Caatinga*, v.21, n.2, p.231-244, 2008.

ROWNTREE, K. Political and administrative constraints on integrated river basin development: an evaluation of the Tana and Athi Rivers Development Authority. *Applied geography*, v.10. n.1, p.21-41, 1990.

SAMPAIO, C. B. V.; WEILL, M. DE A. M.; DOURADO, C. DA S.; SAMPAIO FILHO, C. V. Classificação do potencial de terras para irrigação na região do alto da bacia do rio Itapicuru. In: Reunião Sulamericana para Manejo e Sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas, 2, 2011, Cruz das Almas. Anais...Cruz das Almas, 2011.

SANTOS, D. C. DOS; FARIAS, I.; LIRA, M. DE A.; SANTOS, M. V. F. DOS; ARRUDA, G. P. DE; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. DE. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos 30).

SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, p.12-17, 2001.

SNYMAN, H. A. Root distribution with changes in distance and depth of two-year-old cactus pears *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* plants. South African Journal of Botany, v.72, p.434-441, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. Recife, 2002. 51p.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPCSH, I. F.; CASTRO, S. S. DE. Conceito e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. Tópicos em Ciência do Solo, v.4, p.145-192, 2005.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SEUS INDICADORES BRASILEIROS

Paulo Roberto Megna Francisco

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

Viviane Farias Silva

Dra. Profa. Associada, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

Maria Paloma Alves dos Santos

Discente em Engenharia de Biosistemas, UFCG, Sumé-PB, mariapalomaalves2018.1@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-5268-2283>

Introdução

No contexto da modernidade, um dos desafios mais urgentes da humanidade está em encontrar uma medida justa e adequada que venha possibilitar o desenvolvimento humano sem, contudo, colocar em risco a sadia qualidade do meio ambiente em prol das futuras gerações. Um justo equilíbrio ambiental precisa ser pensado e desenvolvido a favor da vida humana com dignidade e em benefício de toda a coletividade, que anseia por melhores condições ambientais. O atual estágio de degradação ambiental coloca em risco a existência da vida humana com dignidade, quando a própria humanidade pode inviabilizar a sua existência na Terra, uma vez que já é possível notar mudanças bruscas no clima e nas quatro estações do ano, bem como já se observa a perda de vários recursos naturais, a exemplo da água que está escassa em várias regiões do planeta (GOMES & FERREIRA, 2018).

Ainda Gomes e Ferreira (2018) afirmam que, desse modo, o paradigma da depredação ambiental precisa ceder lugar há um novo modelo de desenvolvimento, voltado para o equilibrado dos recursos ambientais e da vida humana, de modo a sincronizar recursos e valores que venham a oportunizar a vida em todas as suas formas, onde o meio ambiente seja conservado para as populações atuais e futuras.

Conforme interpretação de Scharf (2004), o objetivo do desenvolvimento sustentável seria a preservação da riqueza global que, no seu entendimento, se refere aos ativos financeiros, recursos naturais e qualidade de vida da população.

De acordo com a WWF (2021), a definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental.

Material e Métodos

Utilizando o método de raciocínio dedutivo com técnica de pesquisa bibliográfica sobre o tema sustentabilidade e seu desenvolvimento, sua essencialidade, além do sentido utilitarista adotado pelo modo do aproveitamento de atuar, insuficiente aos desafios atuais. Com a finalidade de descrever as informações através de rede de lógica, com uma visão ampla, alcançando uma resposta, como afirma Pereira (2019).

A técnica da pesquisa bibliográfica, como descrevem Sousa et al. (2021), é bastante aplicada no âmbito acadêmico com objetivo de aperfeiçoar e verificar a evolução do saber apurando as pesquisas científicas já publicadas.

Resultados e Discussão

Histórico recente

A maior preocupação com o meio ambiente se deu basicamente a partir de meados dos anos de 1970 quando a população mundial passou a observar severas modificações na qualidade do ar, da água e do solo, em razão dos aportes do capitalismo pela necessidade do consumo. Conforme afirma Milaré (2014), o final da década de 60 foi o indicador de que o crescimento econômico e o processo de industrialização predatória estavam trazendo resultados desastrosos para o planeta.

Nesse momento, a comunidade internacional por meio da ONU, propôs uma conferência para tratar de temas relacionados à necessária preservação e proteção do meio ambiente, a proposta foi acatada pela ONU, que, em junho de 1972, na cidade de Estocolmo, realizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, com a participação de 113 países, 250 organizações não governamentais e organismos da ONU (MILARÉ, 2014).

Durante a Conferência da Organização das Nações Unidas em Estocolmo, em 1972, a discussão foi buscar conciliar a atividade econômica com a preservação do meio ambiente (ALMEIDA, 2002).

Machado (2016) evidencia que, na conferência em Estocolmo de 1972 não se utilizou a locução desenvolvimento sustentável. No entanto, a Conferência de Estocolmo aponta uma preocupação com a qualidade do meio ambiente para as gerações futuras, conforme demonstra Machado (2016), onde

afirma que o homem é portador solene da obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente, para as gerações presentes e futuras.

Neste momento, nascia o conceito de desenvolvimento sustentável cumprindo os ditames da Conferência de Estocolmo 1972. É nesse momento que a comunidade mundial passa a conceber a possibilidade de se desenvolver sem degradar de modo excessivo e insustentável o planeta, entrando em cena a preocupação com as gerações presentes e futuras (GOMES & FERREIRA, 2018).

Em 1983 a Assembleia Geral da ONU criou a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, cujo relatório intitulado *Nosso Futuro Comum* (CMMAD, 1988), tinha como objetivo de propor estratégias ambientais de longo prazo para se obter um desenvolvimento sustentável por volta do ano 2.000 e daí em diante, recomendar maneiras para que a preocupação com o meio ambiente se traduza em maior cooperação entre os países em desenvolvimento e entre países em estágios diferentes de desenvolvimento econômico e social e leve à consecução de objetivos comuns e interligados que considerem as inter-relações de pessoas, recursos, meio ambiente e desenvolvimento.

A Conferência Nacional do Meio Ambiente – realizada pela primeira vez na história do País, em 2003, também tratou das questões relativas ao combate à desertificação, levando em consideração as várias proposições oriundas dos debates estaduais (CHRISTOFIDIS, 2006).

A partir daí, o conceito de desenvolvimento sustentável passa a ganhar relevo no cenário internacional e atinge seu ápice na Conferência Internacional das Nações Unidas de 1992 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como ECO-92, conforme preceitua Costa (2013), a conferência veio reafirmar a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano de 1972 e avançar, sobretudo com o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

O objetivo da ECO-92 certamente foi reforçar e inovar o conceito de desenvolvimento sustentável, com vistas a atender a preocupação com a qualidade do ambiente para as presentes e futuras gerações. Nesse mesmo sentido, é necessário apontar o conceito de desenvolvimento sustentável apontado pela ECO/92:

Desenvolvimento sustentável é definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a potencialidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades, podendo ainda ser empregado com o significado de melhoria da qualidade de vida humana dentro dos limites da capacidade de suporte dos ecossistemas (ALMEIDA & ARAÚJO, 2013).

De acordo com Viola (1996), durante a Conferência da ONU, ECO-92, documentou-se o crescimento da consciência sobre os problemas do sistema econômico vigente. Esse fato promoveu a discussão entre a relação do desenvolvimento socioeconômico e as transformações ecológicas. O plano de sustentabilidade da Agenda 21, apresentado na ECO-92, fixava três áreas de desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental (ESTENDER & PITTA, 2008).

Dez anos após a realização da ECO/92, em que foi apresentado o conceito de desenvolvimento sustentável, bem como as diretrizes desse novo postulador orientador do desenvolvimento econômico

e social, com vistas à promoção da proteção ambiental, a ONU promoveu um novo encontro com a presença de 191 autoridades mundiais.

Com o objetivo claro de alavancar as discussões acerca do desenvolvimento sustentável, foi realizada a Rio + 10 no ano de 2002 em Johannesburgo, África do Sul, e conforme preceitua Costa (2009), o cerne da questão desse novo encontro foi a Agenda 21, um documento assinado quando da realização da ECO-92. Seu objetivo foi permitir a cada país alcançar o seu desenvolvimento sustentável (COSTA, 2009).

Evidencia-se que duas tentativas foram apresentadas pela ONU com fito de promover e difundir os conceitos e ditames do desenvolvimento sustentável entre os Estados, organizações e sociedade civil. Nova conferência ocorreu no ano de 2012, trata-se da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – Rio + 20. Verifica-se que a Rio + 20 enfatizou a necessidade de um desenvolvimento pautado na sustentabilidade conforme padrões estabelecidos na ECO/92, mas avançou ao trabalhar o tema da economia verde nesse contexto, e sobretudo de alavancar sérias discussões a respeito da erradicação da pobreza e do combate à miséria (ESTENDER & PITTA, 2008).

A Agenda 21 – das várias contribuições e compromissos dela derivadas, adotaram-se conceitos fundamentais e recomendações para o desenvolvimento sustentável em toda a sua amplitude e uma atenção renovada às políticas específicas de proteção do meio ambiente (CHRISTOFIDIS, 2006).

Ainda Estender e Pitta (2008), comentam que nesse ponto operou-se uma modificação no cenário das conferências anteriores, pois a ONU passa a evidenciar uma necessária preocupação com as questões sociais dos povos menos favorecidos e desafortunados com o fenômeno da pobreza extrema. Nota-se que a partir desse momento tem-se um avanço epistemológico no conceito do desenvolvimento sustentável, passando esse a evidenciar também a promoção dos direitos sociais.

Surge uma nova tendência no sentido de alavancar o desenvolvimento sustentável com o aparecimento da economia verde e com a missão de erradicação da pobreza, conforme acentua Costa:

De acordo com o documento político final da reunião, os países renovaram o compromisso de 1992 no que concerne a algumas matérias como: 1 – tornar a economia mais verde, ou seja, aprendendo e partilhando informações internacionais; 2 – lidar globalmente com a sustentabilidade, neste item inclui a adesão de todos os países em fóruns internacionais; 3 – procurar fortalecer o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA; 4 – esclarecer os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (COSTA, 2013).

Após mais de três anos de discussão, os líderes de governo e de estado aprovaram, por consenso, o documento Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2016). Com isso, foi proposta uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, que estabeleceu 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, os quais buscam garantir os direitos humanos, erradicar a pobreza, agir contra as mudanças climáticas, entre outras ações (ONU, 2015).

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) tem como finalidade desenvolver os programas indispensáveis ao desenvolvimento sustentável em conjunto com os governos e membros da sociedade civil na busca pela sustentabilidade: “presente em mais de 170 países e territórios, o PNUD oferece uma perspectiva global aliada à visão local do desenvolvimento humano para contribuir com o empoderamento de vidas e com a construção de nações mais fortes e resilientes (ONU, 2016).

Verifica-se que o PNUD, partindo dos conceitos e pilares adotados nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), promove considerável avanço ao criar e aplicar os novos e melhorados conceitos dos ODS, pois torna clara a preocupação com o meio ambiente e também com o desenvolvimento social do ser humano. Evidencia-se a existência de uma íntima conexão ambiental com o ser humano e todas as suas criações tecnológicas, de maneira a permear os ODS de finalidades concernentes a possibilitar uma melhor distribuição da renda, uma melhor qualidade ambiental e um melhor índice de desenvolvimento (ESTENDER & PITTA, 2008).

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Ao todo foram criados 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ONU, 2016), sendo eles:

1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades;
4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos;
5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas às mulheres e meninas;
6. Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos;
7. Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos;
8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos;
9. Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação;
10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e os seus impactos;
14. Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade;
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis e promover o Estado de Direito;
17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável (PLATAFORMA AGENDA 2030, 2018).



Figura 1. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: IPEA (2018).

Historicamente, o ano de 2015 pode ser definido como o ano de definição dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), programa de ação em âmbito mundial para a melhoria das condições de vida dos povos e do planeta, marcados em uma conferência de cúpula da Organização das Nações Unidas (ONU), realizada em Nova Iorque entre 25 e 27 de setembro (FILHO, 2018). O autor ressalta ainda que se tratou de uma nova agenda de ação prevista até 2030, baseada nos progressos e lições aprendidos com os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), entre 2000 e 2015.

Dessa forma, essa agenda de ações se caracteriza por orientar as políticas nacionais e a cooperação internacional buscando a erradicação da pobreza, a ampliação do acesso à saúde e à segurança alimentar, a promoção do crescimento econômico e a redução da degradação ambiental (SILVA et al., 2017). Afirmam os autores, que se constitui de objetivos e metas universais que equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável (econômica, social e ambiental) e envolvem os países desenvolvidos e os em desenvolvimento.

Propostas Brasileiras

O IPEA (2018) apresentou a proposta de adequação das metas globais da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável à realidade brasileira, em cumprimento à atribuição recebida da Comissão Nacional dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CNODS), e em sintonia com a sua missão de fornecer suporte técnico e institucional às ações governamentais para a formulação e reformulação de políticas públicas e programas nacionais de desenvolvimento.

Em 2018, o IPEA (2018) dedicou-se a coordenar o processo governamental de adaptação das metas estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) às prioridades do Brasil, considerando as estratégias, planos e programas nacionais e os desafios do país para garantir o desenvolvimento sustentável na próxima década. Vale destacar que, com essa iniciativa, o Brasil passa a ser um dos poucos países do mundo a dispor de um instrumento que orienta a territorialização dos ODS, mantendo a abrangência e a ambição da proposta original.

De acordo com o IPEA (2018), de um total de 169 metas globais encaminhadas pela ONU, 167 foram consideradas pertinentes ao Brasil, sendo promovidas alterações em 124 destas, adequando-as à realidade brasileira, conferindo mais clareza ao seu conteúdo original, ou quantificando-as com maior exatidão. Em alguns casos, foram ampliadas metas já alcançadas pelo Brasil, como a taxa de

mortalidade materna, também foram incluídos oito novos compromissos, como o que prevê a conservação de pelo menos 25% das zonas costeiras e marinhas (SANTOS & PONTES, 2019).

Ainda conforme Santos e Pontes (2019), as metas constantes nesta proposta do governo brasileiro permitirão ao país alcançar um nível de desenvolvimento sustentável em 2030, orientando a construção dos planos plurianuais e de políticas públicas nos três níveis: federal, estadual e municipal. Vale destacar que, com essa iniciativa, o Brasil passa a ser um dos poucos países do mundo a dispor de um instrumento que orienta a territorialização dos ODS, mantendo a abrangência e a ambição da proposta original (IPEA, 2018).

Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Brasil

O Brasil é o maior país da América do Sul e da América Latina, sendo o quinto maior do mundo em área territorial e sexto em população. É o único país na América onde se fala a língua portuguesa e o maior país lusófono do planeta, além de ser uma das nações mais multiculturais e etnicamente diversa, em decorrência da forte imigração originária de variados lugares do mundo. A Constituição de 1988 define o Brasil como uma república federativa presidencialista, formada pela união dos 26 estados, do Distrito Federal e dos 5.570 municípios (IBGE, 2018), e delimitado pelo oceano Atlântico a leste. O Brasil tem um litoral de 7.491 km, faz fronteira com todos os outros países sul-americanos, exceto Chile e Equador, sendo limitado ao norte pela Venezuela, Guiana, Suriname e pelo departamento ultramarino francês da Guiana Francesa; a noroeste pela Colômbia; a oeste pela Bolívia e Peru; a sudoeste pela Argentina e Paraguai e ao sul pelo Uruguai.

O Brasil também é o lar de uma diversidade de animais selvagens, ecossistemas e de vastos recursos naturais em uma grande variedade de habitats protegidos (THE WORLD FACTBOOK, 2018). Por isso, sua formação econômica é marcada por ciclos econômicos de exploração de seus recursos naturais, cujo crescimento é intensamente influenciado por atividades produtivas voltadas para a exploração desses recursos (SILVA et al., 2011).

Nesse contexto, surge a necessidade de analisar o país a partir do conceito de desenvolvimento sustentável, ressaltando o fato que as avaliações sobre o mesmo têm sido amplamente marcadas pela utilização de indicadores. Esse uso ganhou importância devido a sua forma prática de apontar uma situação que envolve várias dimensões de análise em um conjunto de informações específicas, mas ao mesmo tempo capaz de direcionar atos em busca de situações mais sustentáveis (MELO, 2013). O autor lembra que, a princípio, os indicadores têm sido aplicados nas avaliações locais, regionais ou nacionais considerando o estado de conservação ou preservação do meio ambiente, além das questões de desigualdade social e viabilidade econômica que também são incluídas em diversas avaliações.

Os indicadores envolvem ferramentas estratégicas utilizadas por organizações nacionais e internacionais para avaliar o grau de desenvolvimento em setores, regiões e comunidades (GUTIERREZ et al., 2015).

Freitas (2016) afirma que, as dimensões da sustentabilidade constam expressamente nos ODS, sendo certo que, somente mediante a promoção e o desenvolvimento dos ODS é que será possível alcançar o pleno desenvolvimento sustentado, nesta perspectiva, Cruz e Glasenapp (2014) afirmam que a sustentabilidade tornou-se uma noção positiva e altamente prospectiva, que supõe a introdução de mudanças necessárias para que a sociedade planetária seja capaz de perpetuar-se indefinidamente no tempo e no espaço.

Do mesmo modo que as dimensões da sustentabilidade estão entrelaçadas no propósito de permear o pleno desenvolvimento sustentável, os ODS também o estão, pois o direito ao futuro está diametralmente ligado ao prestígio do humanismo (entendido como a proteção e promoção dos direitos humanos) e à justiça intergeracional do direito ao futuro. Por isso, aliado à dignidade da pessoa humana, surge a sustentabilidade como novo paradigma para que se possa fomentar uma qualidade de vida sadia para as gerações presentes e futuras, assegurando a perpetuidade da vida humana (STAFFEN & SANTOS, 2016).

Vários componentes de uma estratégia de desenvolvimento sustentável podem ser encontrados em políticas governamentais, em práticas levadas adiante por empresas privadas e nos trabalhos de inúmeras organizações da sociedade civil brasileira. Estas partes, entretanto, estão longe de formar um todo coerente, o que lhes retira justamente o alcance estratégico. Desenvolvimento sustentável é o processo de ampliação permanente das liberdades substantivas dos indivíduos (SEN, 1999) em condições que estimulem a manutenção e a regeneração dos serviços prestados pelos ecossistemas às sociedades humanas (REID et al., 2005). Ele é formado por uma infinidade de fatores determinantes, mas cujo andamento depende, justamente, da presença de um horizonte estratégico entre seus protagonistas decisivos. O que está em jogo nesse processo é o conteúdo da própria cooperação humana e a maneira como, no âmbito dessa cooperação, as sociedades optam por usar os ecossistemas de que dependem (ABRAMOVAY, 2010).

Com o passar do tempo surgiram vários outros resultados e propostas destes encontros e diretrizes. Por ocasião da Reunião sobre o Meio Ambiente – Rio 92, com a Agenda 21, foi proposto o programa Água para produção de alimentos e desenvolvimento rural sustentáveis, o qual considerou que a sustentabilidade da produção de alimentos depende, cada vez mais, de práticas saudáveis e eficazes de uso e conservação da água, entre as quais se destaca o desenvolvimento e manejo da irrigação, inclusive o manejo das águas em zonas de agricultura de sequeiro, o suprimento de água para a criação de animais, aproveitamentos pesqueiros de águas interiores e agrosilvicultura. Em que alcançar a segurança alimentar constitui alta prioridade em muitos países e a agricultura não deve apenas proporcionar alimentos para populações em crescimento, mas também economizar água para outras finalidades (CHRISTOFIDIS, 2006).

Como também o Programa Nacional de Florestas, do Ministério do Meio Ambiente, criado pelo Decreto no 3.420 de 20 de abril de 2000, tem dentre suas estratégias e metas a expansão da área florestal manejada, consorciada com a proteção de áreas de alto valor para conservação. Para o

período 2004/2007, estava previsto aumentar para 15 milhões de hectares a área de florestas naturais sustentavelmente manejadas no país. Onde o manejo sustentável da Caatinga está previsto como Projeto 15 no Programa 5 – Produção Sustentável, visando incentivar a utilização sustentável do bioma Caatinga, através da conservação da biodiversidade e da utilização de práticas sustentáveis (GARIGLIO et al., 2010).

Na esfera federal existiu até meados de 2010, dois apoios específicos que promovem a implementação do manejo florestal da Caatinga, o Projeto Conservação e Uso Sustentável na Caatinga, do MMA com apoio do PNUD e do GEF, que atua em duas áreas prioritárias no Estado – região do Araripe e polo de Petrolina, com demonstração de práticas sustentáveis, capacitação e articulação institucional visando à difusão do manejo florestal; e o Serviço Florestal Brasileiro, que apoia a elaboração e implementação do manejo florestal da Caatinga, em 13 Projetos de Assentamento assistidos pela ONG Associação Plantas do Nordeste (GARIGLIO et al., 2010).

Resultados brasileiros quanto a sustentabilidade ambiental

Roma (2019) afirma que, O ODM 7 foi utilizado um conjunto amplo de indicadores no acompanhamento dessas metas, os quais, em alguns casos, foram diferentes ao longo do tempo, como evidenciam os diferentes relatórios nacionais de acompanhamento. No caso brasileiro, abrangiam desde a variação na área coberta por florestas e nas taxas de desmatamento dos biomas, até a emissão de gases de efeito estufa e ao consumo de substâncias que afetam a camada de ozônio, passando ainda pela proporção de estoques pesqueiros dentro de limites seguros e a proporção de recursos hídricos totais utilizados, entre outros.

Em termos globais, segundo dados apresentados no Relatório ODS de 2015 da ONU, os desmatamentos de florestas declinaram de 83 mil km² ao ano na década de 1990 para 52 mil km² ao ano entre 2000 e 2010. As emissões mundiais de CO₂, no entanto, apresentaram um aumento de mais de 50% desde 1990.

No que se refere ao Brasil, merece destaque a redução nas taxas anuais de desmatamento do bioma Amazônia, que variaram de 27,7 mil km² em 2004 para 4,57 mil km² em 2012, uma redução de 83,5%. Por outro lado, embora os biomas extra-amazônicos não sejam monitorados de maneira regular, estudos indicam que entre 2002 e 2008 o bioma Cerrado sofreu, em média, desmatamentos da ordem de 14 mil km² anuais, valores que foram reduzidos para cerca de 6,5 mil km² em 2010.

As emissões de gases de efeito estufa (GEE), convertidos para CO₂eq, apresentaram redução de 11 para 6,6 toneladas de CO₂eq por habitante entre 2005 e 2010. Isso ocorreu devido ao declínio de 76,1% das emissões de GEE do setor Uso da Terra e Florestas no mesmo período, devido à redução dos desmatamentos nos biomas Amazônia e Cerrado.

Considerações Finais

Verificou-se que os objetivos determinados pelo PNUD remontam a uma união de conceitos determinantes para o pleno desenvolvimento sustentável. O ideal de sustentabilidade está destacado no contexto dos ODS, no sentido de que os objetivos estão voltados para a promoção das dimensões da sustentabilidade: dimensão social; dimensão ambiental; dimensão econômica; dimensão ética; e dimensão jurídico-política.

O Brasil apresentou avanços consideráveis e cumpriu grande parte das metas estabelecidas no âmbito dos ODM, para o período 2000-2015. Construídos a partir da experiência acumulada com a implementação dos ODM, por sua vez, as metas contidas nos 17 ODS representam uma excelente oportunidade de pautar a criação e o aprimoramento de políticas públicas, programas e ações governamentais em todos os níveis de governo, e assim, fazer com que estes se tornem um indutor do país rumo ao almejado desenvolvimento sustentável nacional.

O desafio maior que se apresenta no momento, portanto, é fazer com que os ODS e suas respectivas metas se internalizem e se interiorizem, de fato, em nosso país, permitindo que seu potencial de indutor do desenvolvimento sustentável realmente se concretize e traga os benefícios almejados para a nossa sociedade, no horizonte temporal de 2030.

Referências

- ABRAMOVAY, R. Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil? *Novos Estudos*, v.87, p.97-113, 2010.
- ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2002.
- CHRISTOFIDIS, D. Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. *Gender and Water Alliance*. Brasília, 2006.
- CMMAD. Conselho Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso Futuro Comum*. EdFGV, 1988.
- CNODS. Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *Plano de Ação 2017-2019*. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2QNUCCp>. Acesso em: 2 de junho de 2021.
- COSTA, B. S. Meio ambiente como direito à vida: Brasil, Portugal e Espanha. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.
- COSTA, B. S. O gerenciamento econômico do minério de ferro como bem ambiental no Direito constitucional brasileiro. São Paulo: Fiuza, 2009.
- CRUZ, P. M.; GLASENAPP, M. C. Sustentabilidade: um novo paradigma para o direito. *Iuris Tantum*, n.25, p.367-387, 2014.
- ESTENDER, A. C.; PITTA, T. de T. M. O conceito do desenvolvimento sustentável. *Revista Terceiro Setor*, v.2, n.1, p.22-28, 2008.
- FILHO, C. M. de C. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: Uma Leitura de Política Pública na Clave da Biblioteca Escolar. *Rev. Digit. Bibliotecon. Cienc. Inf.*, v.16, n.3, p.355-372, 2018.

- FREITAS, J. Sustentabilidade: direito ao futuro. 3. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2016.
- GARIGLIO, M. A. et al. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.
- GOMES, M. F.; FERREIRA, L. J. Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. *Direito e Desenvolvimento*, v.9, n.2, p.155-178, 2018.
- GUTIERREZ, A. B. et al. Considerações sobre a contribuição social do uso de indicadores de sustentabilidade de energia elétrica. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil em Síntese. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 2 de junho de 2021.
- IPEA. Brasil adapta metas de desenvolvimento da ONU à realidade nacional. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=34183:brasil-adaptametas-de-desenvolvimento-da-onu-a-realidade-nacional&catid=10:disoc&directory=1. Acesso em: 2 de junho de 2021.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Agenda 2030: ODS - Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável. SILVA, E. R. A. da. (Coord.). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8855/1/Agenda_2030_ods_metas_nac_dos_obj_de_de_senv_susten_propos_de_adequa.pdf. Acesso em: 02 de junho de 2021.
- IPEA. ODS - Metas nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Proposta de adequação. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. (org) REID, W. V. et al. Washington, DC: Island Press, 2005. 137p.
- MELO, P. T. N. B. Indicadores da dimensão institucional do desenvolvimento sustentável e os objetivos da Rio +20. *Desenvolvimento em Questão*, v.11, 2013.
- MILARÉ, E. Direito do ambiente. 9. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014. 1680p.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio 2015. Nova Iorque: ONU, 2015.
- PEREIRA, J. M. Manual de Metodologia da Pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- PLATAFORMA AGENDA 2030. Qual é o seu ODS? Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso em: 2 de junho de 2021.
- ROMA, J. C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. *Ciência e Cultura*, v.71, n.1, p.33-39, 2019.

STAFFEN, M. R.; SANTOS, R. P. dos. O Fundamento cultural da dignidade da pessoa humana e sua convergência para o paradigma da sustentabilidade. *Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*, v.13, n.26, p.263-288, 2016.

SANTOS, A. C. da S.; PONTES, A. N. Avaliando o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, n.2, p.1-14, 2019.

SCHARF, R. *Manual de Negócios Sustentáveis*. São Paulo, Amigos da Terra, 2004. 159p.

SEN, A. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo, Companhia das Letras, 1999. 464p.

SILVA, G. M. et al. Condicionantes socioeconômicos e ambientais dos clubes de convergência da renda na Amazônia Legal 1985 a 2007. *Estud. Econ.*, v.41, n.4, 2011.

SILVA, R. F. da S. et al. Avaliação dos municípios do Nordeste brasileiro pelos objetivos do desenvolvimento. *Revista Verde*, v.12, n.4, p.717-728, 2017.

SOUSA, A. S. DE; OLIVEIRA, G. S. DE; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da FUCAMP*, v.20, n.43, 2021.

THE WORLD FACTBOOK. Brazil. Disponível em: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html>. Acesso em: 2 de junho de 2021.

WWF. World Wildlife Fund. O que é desenvolvimento sustentável? 2021. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em: 2 de junho de 2021.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE CAMALAUÁ-PB

Paulo Roberto Megna Francisco

Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,
paulomegna@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

Ezequiel Sóstenes Bezerra Farias

Doutorando em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,
ezequielsostenes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5023-760X>

Localização

O município de Camalaú localizado no Estado da Paraíba apresenta uma área de 603,06 km². Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 7°77' e 8°03' de latitude sul e entre os meridianos de 36°57' e 36°096' de longitude oeste. Está inserido na Região Geográfica da Borborema, limitando-se com os municípios de Sumé, Congo, Monteiro, São João do Tigre e São Sebastião de Umbuzeiro (AESA, 2012) como se observa na Figura 1.

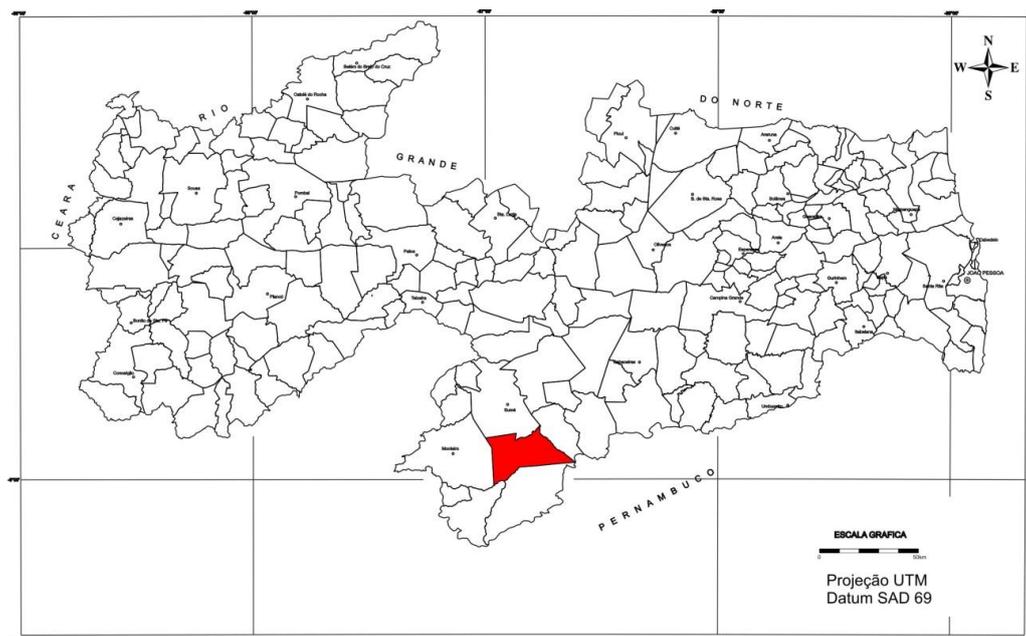


Figura 1. Mapa de localização do município da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

Sua área representa 1,0685% do Estado e 0,0071% de todo o território Brasileiro. A sede do município tem uma altitude aproximada de 521 metros distando 232,42 km da capital. O acesso é feito, a partir de João Pessoa, pelas rodovias BR 230/BR 412/PB 224 (CPRM, 2005).



Figura 2. Pico do distrito de Pindurão – Camalaú-PB.

Hidrografia

O município de Camalaú encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Os principais cursos d' água são os rios Paraíba (Figura 3), Monteiro e do Umbuzeiro e os riachos do Mel, dos Cavalos, da Maniçoba, do Mulungu, Caraibeira, dos Gomes, Grota do Boqueirão, da Cachoeira, do Mamoeiro, da Pintada, da Gangorra, do Garrote, das Araras, do Umbuzeiro, da Ipueira e do Deserto. O principal corpo de acumulação é o açude Camalaú (46.437.520 m³). Os principais cursos d' água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico. O levantamento realizado no município registrou a existência de 99 pontos d' água (Figura 4), sendo todos poços tubulares (CPRM, 2005).



Figura 3. Rio Paraíba no período chuvoso.

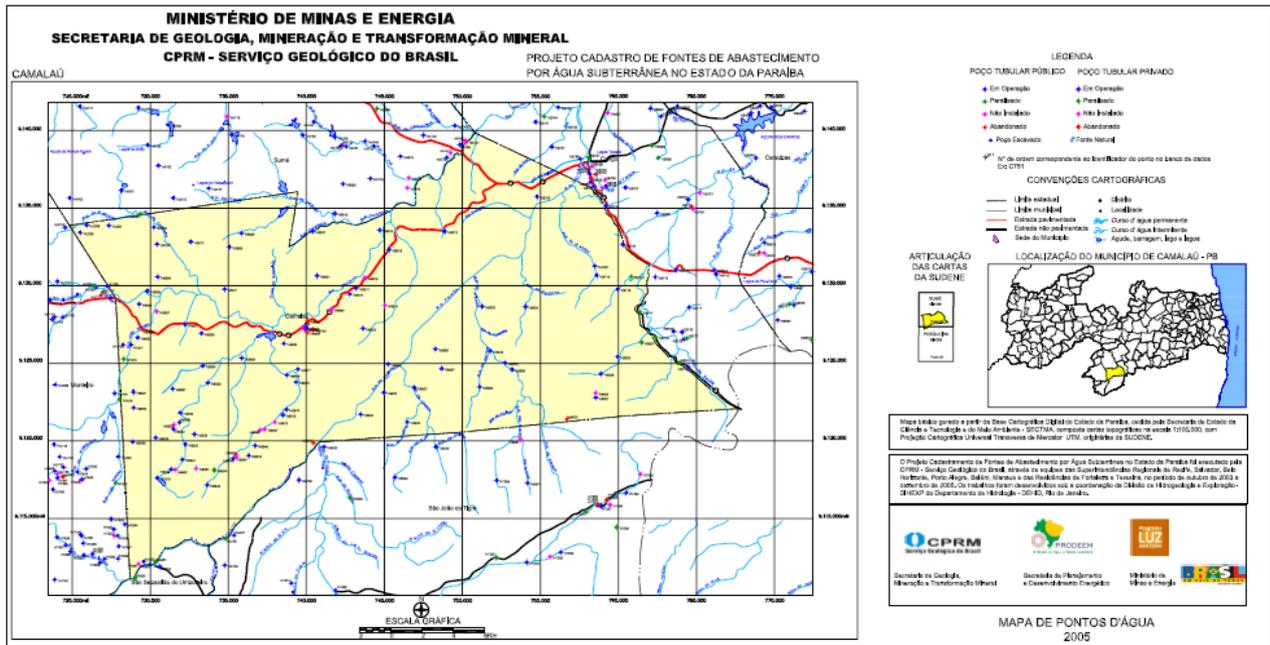


Figura 4. Mapa de fontes de água no município de Camalaú. Fonte: CPRM (2005).

Na Figura 5 observa-se o comportamento do açude de Camalaú (Figura 6) entre os anos de 2011 a 2021.

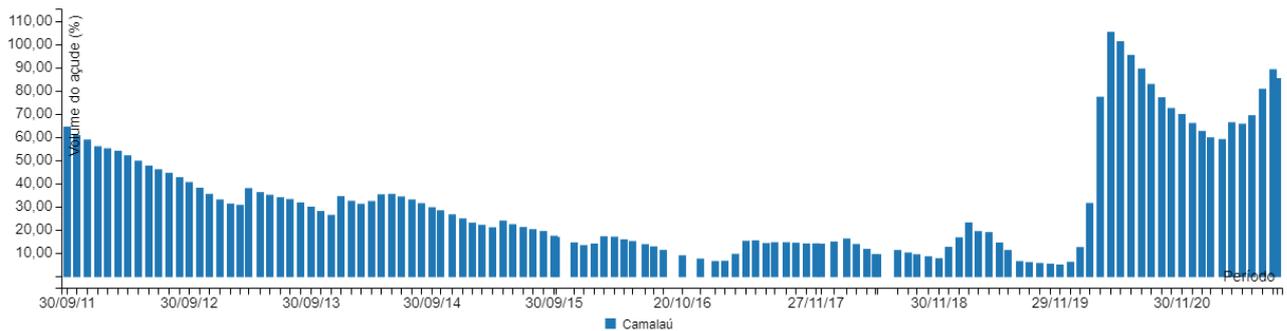


Figura 5. Volume em porcentagem do açude de Camalaú entre 2011 e 2021. Fonte: AESA (2021).



Figura 6. Açude público de Camalaú.

Clima

De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700 m). As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte (FRANCISCO, 2010).

Na Tabela 1 se observa os dados climatológicos mensais e anuais, os quais representam médias de no mínimo trinta anos de dados e foram obtidos através da publicação da AESA (2012).

Tabela 1. Distribuição pluviométrica e precipitação média anual registrada no município nos últimos 30 anos em milímetros

Município/Posto	Observado	Climatologia	Desvio (%)	Desvio (mm)
Camalaú	465,8	665.5	-30,0	-199,7

Fonte: AESA (2021).

Na Figura 8 observa-se o gráfico de pluviosidade mensal do município.

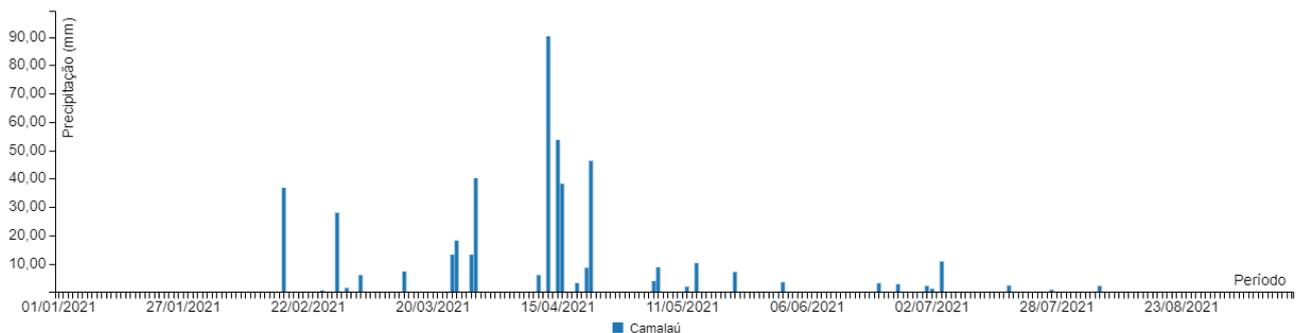


Figura 8. Pluviosidade do município de Camalaú no ano de 2021. Fonte: AESA (2021).

Vegetação

De acordo com Sousa et al. (2007), a vegetação representativa da área de estudo (Figura 9) é do tipo caatinga hiperxerófila com as espécies mais encontradas sendo o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), e catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul). Outras espécies nativas da região estão presentes com poucos exemplares, como o angico (*Anadenanthera columbrina* Vell. Brenan) e a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) (Tabela 2). Já os cactos são bastante diversificados.



Figura 9. a) Umbuzeiro; b) Mandacarú; c) Macambira.

Tabela 2. Descrição da vegetação no município

Nome comum	Nome científico	Família
Alastrado	<i>Pilosocereus gounellei</i> (A. Weber ex K. Schum) Bly. ex. Rowl	Cactaceae
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> DC.	Mimosaceae
Angico de caroço	<i>Anadenanthera colubrina</i> Vell.	Mimosaceae
Angico majola (liso)	<i>Piptadenia zhentneri</i> Harms	Mimosaceae
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i> (Engl.) Fr. All.	Anacardiaceae
Baraúna	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Anacardiaceae
Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae
Canafístula	<i>Senna martiana</i> (Benth.) H. S.	Caesalpiniaceae
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Caesalpiniaceae
Coco catolé	<i>Syagrus cearensis</i> Noblck	Palmae
Coroa-de-frade	<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton e Rose) Lutzellb.	Cactaceae
Coqueiro	<i>Cocos nucifera</i> L.	Palmae
Facheiro	<i>Pilosocereus pachycladus</i> RITTER	Cactaceae
Frei Jorge	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz. & Pav.) Oken	Boraginaceae
Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Rhamnaceae
Jucá	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Caesalpiniaceae
Jurema branca	<i>Mimosa</i> sp.	Mimosaceae
Jurema de Imbira	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Mimosaceae
Jurema preta	<i>Mimosa fenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Mimosaceae
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Witim	Mimosaceae
Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Cactaceae
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae
Maniçoba	<i>Manihot pseudoglaziovii</i> Pax & Hoffman	Euphorbiaceae
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Moringa	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringaceae
Mulungu	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Fabaceae
Nim	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Meliaceae
Palma forrageira	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill.	Cactaceae
Pau d'arco	<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae
Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Apocynaceae
Quixabeira	<i>Bumelia sartorum</i> Mart.	Sapotaceae
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Leguminosae
Umburana	<i>Bursera leptophloeos</i> Engl.	Burseraceae
Umburana de Cheiro	<i>Amburana cearensis</i> (Arr. Cam.) A.C. Smith.	Fabaceae
Umbuzeiro	<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.	Anacardiaceae

Geologia

De acordo com os dados da Atlas do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PARAÍBA, 2006), a geologia predominante na área (Figura 10) está representada por:

Suíte Granítica Camalaú (My2c) composto por: Ortognaisse tonalítico trondhjemítico-granítico e sienítico, relacionado ao período Paleoproterozóico;

Complexo Sertânia (Pst): Muscovita biotita gnaisse, biotita gnaisse com granada e/ou silimanita, calcário cristalino, rocha calcissilicática, quartzito e raras metavulcânica básicas; relacionados ao período Paleoproterozóico;

Complexo Sumé (Pms) composto por: leucognaisse trondhjemítico paragnaisse, metamáfica/metaultramáfica e anfibolito (retroeclogito); relacionado ao período Paleoproterozóico;

Suíte calcialcalina de médio a alto potássio Itaporanga (Nya) composta por: granito e granodiorito porfirítico associado a diorito; relacionado ao período Neoproterozóico;

Complexo Surubim-Caroalina (Ncs) composto por: Xisto, gnaiss, quartzito e metacarbonato, relacionado ao período Mesoproterozóico;

Complexo Vertentes (Mve) composto por: paragnaisse, metavulcânica máfica e intermediária, metavulcanoclástica, relacionado ao período Mesoproterozóico.

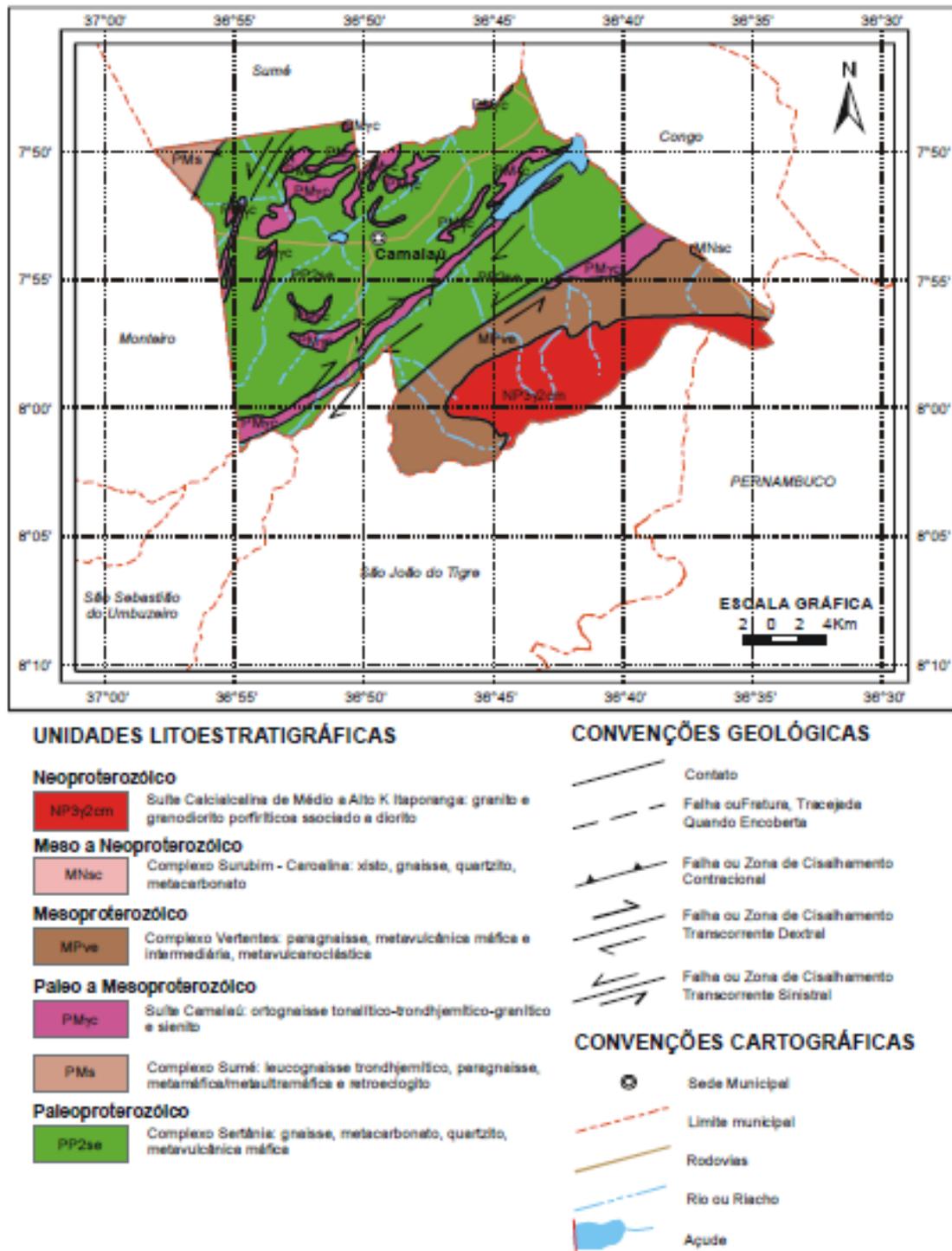


Figura 10. Geologia do município de Camalaú. Fonte: CPRM (2005).

Geomorfologia

A área do município encontra-se inserido no Planalto da Borborema na Zona Fisiográfica da Borborema Central, na unidade geomorfológica denominada Planalto Borborema de formas tabulares e formas convexas (Figura 11).

O município encontra-se inserido na Região de Cariris de Princesa – corresponde, no terço médio do Estado, as cabeceiras do rio Paraíba. São áreas mais elevadas (>550m), ao longo da divisa com o Estado de Pernambuco. Pelas limitações climáticas apresenta um sistema de exploração agrícola, pecuária e agricultura de subsistência (FRANCISCO, 2010).



Figura 11. Vista do Planalto da Borborema.

Solos

Na Figura 12, apresenta-se o mapa de solos do município cujas bases e critérios envolvidos na conceituação e definição das classes são reconhecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e conforme as informações contidas no trabalho elaborado por Campos e Queiroz (2006) os solos identificados na área são:

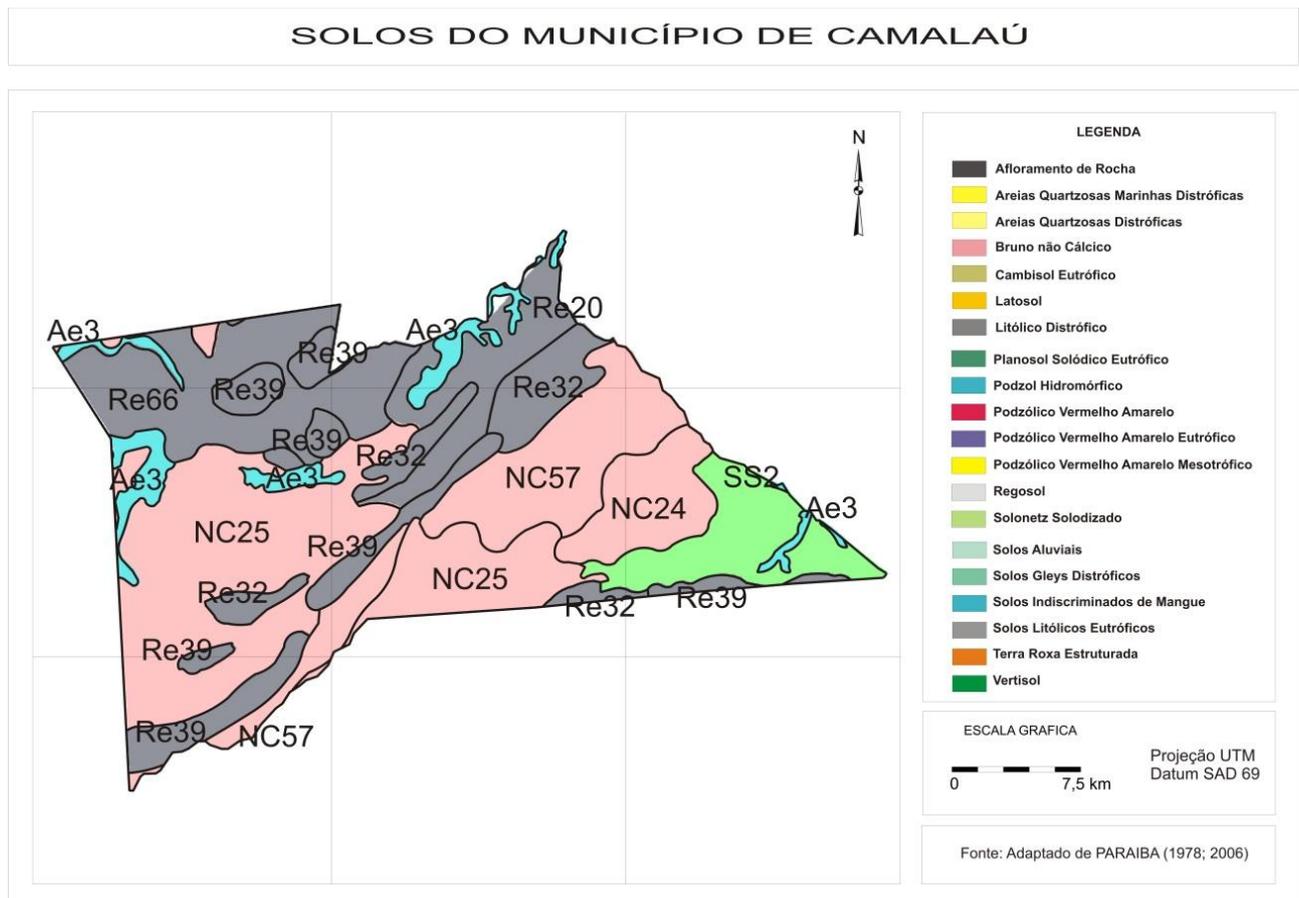


Figura 12. Mapa de solos do município. Fonte. Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006).

Neossolos Litólicos Eutróficos são solos jovens com pouco desenvolvimento dos perfis devido a diversas causas (Figura 13). Solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assente diretamente sobre rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matações) e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm as superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (BRASIL, 1972).

Estes solos apresentam baixas condições para um aproveitamento agrícola racional, tendo em vista as limitações fortes existentes, provocadas pelo relevo forte ondulado, pedregosidade, rochividade e reduzida profundidade dos solos, além da deficiência de água que só permite a presença de culturas resistentes à estiagem. Só é possível a exploração destes solos pelos sistemas primitivos de agricultura já existentes (CAVALCANTE et al., 2005).



Figura 13. Neossolo Litólico com pedregosidade (período seco).

Luvissolos Crômicos órtico típico são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e alta saturação de bases, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A (Figura 14).

São solos intermediários para o Vertissolo, ou seja, com horizonte vértico em posição não diagnóstica para o Vertissolo ou com caráter vértico em um ou mais horizontes, dentro de 50 cm da superfície do solo.

Sua evolução, segundo atuação de processo de bissetilização, conjugada a produção de óxidos de ferro e mobilização de argila da parte mais superficial, com acumulações em horizonte subsuperficial (BRASIL, 1972).

Tendo em vista as condições do solo e o clima regional, verifica-se que o aproveitamento com pecuária é indicado, desde que sejam feitas reservas de forragens para o período seco, bem como seja intensificado o cultivo de palma forrageira, além do aproveitamento intensivo das vazantes (CAVALCANTE et al., 2005).



Figura 14. Luvisolos com mata ciliar.

Planossolo Nátrico órtico típico compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial aluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela detenção do lençol de água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (BRASIL, 1972).

O aproveitamento dos solos da região é feito com pecuária extensiva, usando-se para isto a própria vegetação natural. As limitações pela falta d'água são muito fortes. Também constituem importantes limitações ao uso agrícola destes solos, os elevados teores em sódio trocável e más condições físicas nos horizontes subsuperficiais, principalmente do Bt. São solos inaptos para agricultura (CAVALCANTE et al., 2005).

Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos são solos jovens com pouco desenvolvimento dos perfis devido a diversas causas. São solos derivados de sedimentos aluviais, com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Esse solo é formado por deposições fluviais e mantêm as características do material de origem, os sedimentos percorrem longos trajetos a beira de rios e carregam consigo materiais que podem ser férteis ou não. A

pouca espessura do solo é devida ao pouco tempo entre uma deposição fluvial e outra, não permitindo que os fatores de formação do solo atuem ativamente.

Compreende solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação desses processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (BRASIL, 1972).

São solos de grande importância, no que diz respeito à exploração agrícola e pecuária da região semiárida, porém apresentam limitações muito fortes pela falta d'água. Com auxílio da irrigação podem ser utilizados para o cultivo intensivo de forrageiras e diversas outras culturas. As áreas de cotas regionais mais baixas, onde se acumulam as águas provenientes das circunvizinhanças e os solos já possuem Na^+ trocável. Estes fatores reunidos concorrem para que estes solos sejam muito susceptíveis à salinização (CAVALCANTE et al., 2005).

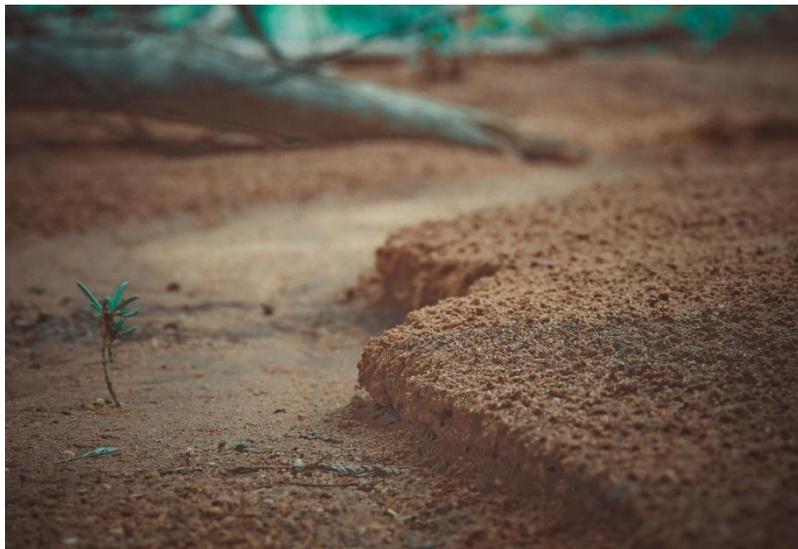


Figura 10. Camada de solo.

Referências Bibliográficas

AESA. Agência de Águas do Estado da Paraíba. 2021. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.1, 2006.

- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado da Paraíba. Diagnóstico do município de Camalaú. (Org) MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; MORAIS, F. de; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. de. Recife. 2005. 22p.
- CAVALCANTE, F. de S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v.4, n.8, 2005.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 de maio de 2021.
- PARAÍBA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento-CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório. UFPB-ELC, 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- SOUZA, R. F. de et al. Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista - Paraíba. Revista Engenharia Ambiental, v.4, n.2, p.005-013, 2007.

CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

Paulo Roberto Megna Francisco: Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba - UFPB - CCA/Areia. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorando em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e Graduação em Tecnologia Agrícola - Mecanização pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atuando atualmente como pesquisador e colaborador em projetos junto à UFPB Campus de Areia e Campus de João Pessoa, UFCG - Campus de Campina Grande e Campus de Sumé. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Atualmente é Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC.
paulomegna@gmail.com

Viviane Farias Silva: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2015) e doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2017). Pós Doutora em Recursos Naturais (2017-2019). Professora do Magistério superior da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal na área de ciências básicas, Engenharia e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande.
viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

Djail Santos: Engenheiro Agrônomo (UENP-Campus Luiz Meneghel, 1990), Mestre em Solos e Nutrição de Plantas (UFLA, 1993) e Doutor em Crop and Soil Science (Michigan State University, MSU, 1998). Professor Titular do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com atuação na área de Manejo e Conservação de Solo e Água. Foi Diretor do CCA/UFPB por dois mandatos (2009-2013 e 2013-2017), Coordenador do PPG em Ciência do Solo (2020-2021), Coordenador do Curso de Agronomia (2006-2009) e Assessor de Pesquisa (2002-2006) do Campus II. É Docente Permanente do PPG em Ciência do Solo e do PPG em Agronomia, ministrando as disciplinas de Manejo e Conservação do Solo, e de Sistemas de Produção Orgânicos e Convencionais. Foi membro titular do Conselho Universitário (CONSUNI-UFPB) nos períodos de 2009-2017 e 2019-2021. Atuou como membro do Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável (CEDRS-PB) e do Conselho Técnico-Administrativo da EMATER-PB. Tem experiência na execução e coordenação de diversos programas e projetos vinculados a: CNPq, PNPd/CAPES, SECAD/MEC (Conexões de Saberes), SESu/MEC (PROEXT) e INCRA/MDA (PRONERA). Tem atuação em ensino, pesquisa e extensão com ênfase em manejo e conservação de solo e água, qualidade do solo, aptidão agrícola das terras, sistemas de produção e agricultura sustentável.
santosdjail@gmail.com

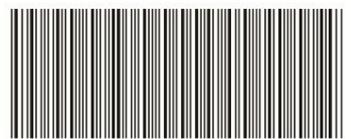
George do Nascimento Ribeiro: Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem

experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

george@ufcg.edu.br

Gypson Dutra Junqueira Ayres: *Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2005). Mestre em Engenharia Agrícola em Armazenamento e Construção Rural pela Universidade Federal de Campina Grande (2020). Doutorando em Engenharia Agrícola no PPGEA da UFCG. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Projetos no Banco do Brasil. Atualmente trabalha com temas vinculados a Construção Rural e Armazenamento, Automação e Monitoramento a Distância.*

fgypsond@gmail.com



978-65-00-41828-6