



Ciências Agrárias Tecnologias e Práticas



**CIÊNCIAS
AGRÁRIAS
TECNOLOGIAS E
PRÁTICAS**





Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C4902 Ciências Agrárias: Tecnologias e Práticas/Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2023.

114 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-62641-4

1. Ciências Agrárias. 2. Inovação. 3. Pesquisa. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Silva, Viviane Farias. III. Santos, Djail. IV. Ribeiro, George do Nascimento. V. Ayres, Gypson Dutra Junqueira. VI. Rodrigues, Raimundo Calixto Martins. VII. Título.

CDU 630

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).

2023 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (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)

Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

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
Raimundo Calixto Martins Rodrigues

CIÊNCIAS AGRÁRIAS TECNOLOGIAS E PRÁTICAS



1.a Edição
Campina Grande-PB
2023



Realização



Apoio



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



Sumário

<i>O USO DE EXTRATOS DE PLANTAS NO CONTROLE IN VIVO E IN VITRO DE <i>Phytophthora palmivora</i> COLETADA DE FRUTO DO MAMOEIRO</i>	6
<i>EFEITO FUNGITÓXICO DO ÓLEO VEGETAL DE PRACAXI (<i>Pentaclethra macroloba</i>) (WILLD.) KUNTZE) SOBRE O CRESCIMENTO MICELIAL DE <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (PENZ.) PENZ. & SACC. DE FRUTOS DE MAMÃO</i>	23
<i>MICROORGANISMOS COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE <i>EUCALYPTUS UROGRANDIS</i></i>	33
<i>AVALIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA UTILIZANDO KRIGAGEM</i>	45
<i>DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA E USO DAS TERRAS DE ASSENTAMENTO AGRÁRIO EM REGIÃO SEMIÁRIDA</i>	61
<i>GERMINAÇÃO DA ESPÉCIE FLORESTAL <i>ERYTHRINA VELUTINA</i> WILLD SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E NUTRICIONAL</i>	79
<i>USO DO SIG NO MAPEAMENTO DO POTENCIAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA IRRIGADA DA MANDIOCA (<i>Manioth esculenta</i> Crantz) EM REGIÃO SEMIÁRIDA</i>	92
<i>CURRICULUM DOS ORGANIZADORES</i>	113



Capítulo I

O USO DE EXTRATOS DE PLANTAS NO CONTROLE IN VIVO E IN VITRO DE *Phytophthora palmivora* COLETADA DE FRUTO DO MAMOEIRO

Jéssyca Maria Miranda Cabral

Eng. Agrônoma. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, jessyca.agronomia@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8492-4088>

Josiane Ferreira Corrêa

Eng. Agrônoma Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, josiane.correa22@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4563-7887>

Nara Helena Tavares da Ponte

Prof. Dra. Visitante, Universidade do Estado do Amapá, Macapá-AP,
nara.ponte@ueap.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7815-4873>

Iris Lettiere do Socorro Santos da Silva

Prof. Dra. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA.
iris.lettieri@ufra.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-4214-2811>



Introdução

O cultivo comercial do mamoeiro (*Carica papaya* L), é uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo pelas suas propriedades nutritivas, organolépticas, digestivas, farmacêuticas e medicinais (FARIA, 2009). O mamão é cultivado praticamente em todos os estados da federação, mas são nas regiões Sudeste e Nordeste que se encontram instalados os principais Polos de produção da fruta no Brasil. O mamão está entre as sete primeiras frutas da pauta de exportação do Brasil, entretanto, menos de 1,6% do mamão brasileiro é exportado devido ao mercado internacional ser altamente competitivo, cada vez mais exigente em produtos com elevado padrão de qualidade e restritivo em relação aos problemas fitossanitários (INCAPER, 2022).

Apesar da elevada produção de frutas tropicais no Brasil, ocorre grande volume de perdas que correspondem a cerca de 30% do total produzido, sendo as doenças de pós-colheita uma das principais causas. O mamão é um fruto do tipo climatérico, cuja maturação continua após a colheita, estando submetido a várias doenças de importância econômica, como doenças causadas por vírus, como o mosaico-do-mamoeiro; vírus-da-meleira e vírus do amarelo letal. Por bactérias como a *Pseudomonas syringae* que causadora da mancha bacteriana e *Erwinia herbicola* causadora da podridão da polpa. Porém as doenças fúngicas destacam-se por causarem enormes danos à cultura, incluindo aquelas que causam podridões nos frutos, que infectam frutos imaturos e intactos ainda no campo, a exemplo da antracnose, mancha chocolate e a podridão do pé causada por *Phytophthora palmivora*, sendo esta doença uma das mais comuns nesta cultura (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Dianese (2007), a podridão do pé ou podridão das raízes e dos frutos do mamoeiro é uma das principais doenças desta planta, ocorrendo onde seu hospedeiro seja cultivado. Em situação que predominam elevados índices pluviométricos e temperaturas elevadas, as perdas podem chegar a 60%. E, para superar esses problemas, faz-se necessário entrar com medidas de controle alternativo, sendo esta uma tendência mundial, presando a qualidade do fruto e respeitando o meio ambiente, com a diminuição do uso de agrotóxicos. Por isso, optou-se pelo método de controle alternativo, tendo como base produtos de resistência que reduzem a incidência de doenças, e com isso aumentar o tempo de prateleira do produto.

Portanto, o trabalho tem como objetivo testar o controle alternativo da gomose *Phytophthora palmivora* *in vitro* e *in vivo* nos frutos de mamoeiro em pós-colheita.



Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Laboratório de Fitopatologia, campus Belém-PA. Para a condução do experimento, foram utilizados extratos aquosos de folhas de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Ness.), erva-cidreira (*Lippia alba* (Mill.), graviola (*Annona muricata* L.) e melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L) (Figura 1). Estas foram previamente selecionadas com bom estado fitossanitário, coletadas entre oito e nove horas da manhã, em áreas de produção da UFRA.

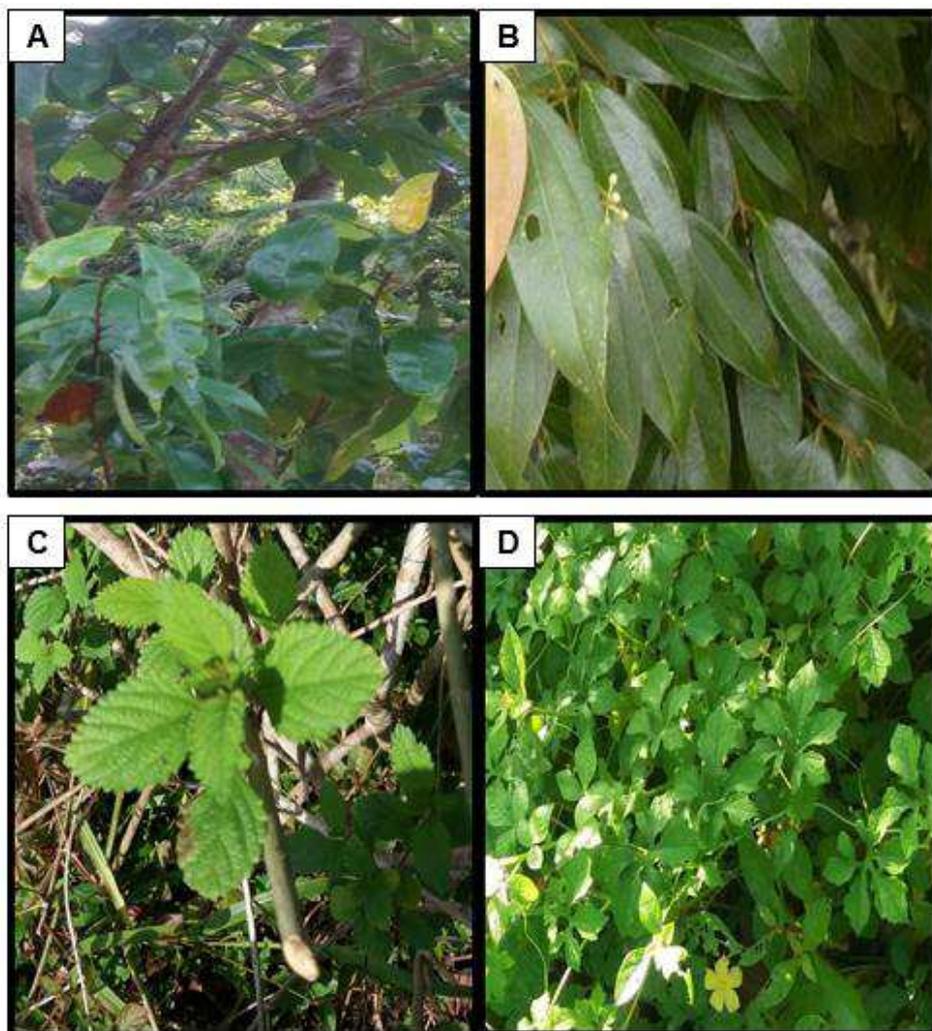


Figura 1. Plantas coletadas na área de produção da UFRA. Canela (A); Erva-cidreira (B); Graviola (C); Melão-de-são-Caetano.

Obtenção do inóculo

Com base na metodologia de Ferreira et al. (2014), as amostras foram obtidas a partir de fragmentos ($\pm 1,0$ cm) da casca do mamão naturalmente infectado com o fungo. Os



fragmentos foram cortados e mergulhados em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 2% por 1 min. E posteriormente transferidos para uma solução de álcool a 70% por 1 min. Após a desinfestação, foram lavados com água destilada esterilizada e transferidos sob condições assépticas para as placas de Petri de 90 mm de diâmetro, contendo meio de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar), sendo esterilizado em autoclave por 25 min, a uma temperatura de 125°C, e cultivados no fotoperíodo por 12 horas à temperatura de 25±1°C. Após o crescimento da cultura, realizou-se a repicagem do fungo.

Preparação do extrato

Os extratos brutos foram preparados, utilizando 300g de folhas totalmente estendidas de plantas adultas, as quais foram desidratadas à sombra por 4 dias (figura 2) e trituradas em liquidificador para obtenção de um pó fino (figura 3). Em seguida, o material vegetal foi diluído em 150 mL de água destilada, nas concentrações de 10g, 15g e 20g, respectivamente, em erlenmeyer, vedados com plástico filme, por um período de 24 horas (figura 4), posteriormente filtrado em gaze estéril, para obtenção do extrato bruto aquoso (figura 5) (FERREIRA et al. 2014).



Figura 2. Folhas desidratadas à sombra.



Figura 3. Folhas trituradas.



Figura 4. Material vegetal foi diluído em 150 mL de água destilada.



Figura 5. Extrato bruto aquoso.

Teste in vitro

Para o teste *in vitro* foram utilizadas placas de Petri contendo meio BDA e os extratos vegetais, nas concentrações de 40 gL⁻¹ (4%), 60 gL⁻¹ (6%) e 80 gL⁻¹ (8%), permanecendo em autoclave por 25 min a 125°C. Os meios foram retirados do autoclave após 1 h e 25 min, no estado líquido, e posteriormente adicionados nas placas. Depois de solidificado, em



temperatura ambiente, foi adicionado no meio e inoculado com um disco de 5 mm, contendo o isolado fúngico e vedada com papel filme de PVC transparente. Como controle, foram utilizadas placas de Petri contendo meio BDA autoclavado sem adição de extratos, inoculadas com um disco de 5 mm contendo o fungo patogênico (FERREIRA et al. 2014).

A atividade antifúngica dos extratos foi avaliada diariamente, com a medição do crescimento micelial das culturas de *P. palmivora*, com o auxílio de um paquímetro.

Teste in vivo

Os frutos de mamoeiro foram adquiridos na Central de Abastecimento do Pará (CEASA). Utilizou-se frutos com mais de 50% de maturação (casca com coloração amarela). De acordo com a metodologia de Andrade e Vieira (2016), os frutos previamente selecionados (Figura 6) passaram por um processo de assepsia, sendo lavados com detergente neutro e água, em seguida desinfetados superficialmente com solução em hipoclorito de sódio (NaClO) a 1% e água corrente, sendo secos a temperatura ambiente.

Após a assepsia, a superfície dos frutos, com cerca de 10 mm de diâmetro foi levemente escoriada com o auxílio de bisturi. Em seguida, foram aplicadas as substâncias dos tratamentos utilizando um borrifador, permanecendo por 24 horas em ambiente asséptico para a secagem completa do material.

No teste com os frutos foram realizados os mesmos tratamentos e concentrações apresentados no teste *in vitro*. Paralelo aos testes foi estabelecido um grupo controle no qual os frutos receberam apenas água destilada. Após esse tempo, os frutos receberam um disco de B.D.A. com micélio fúngico. Esses discos foram retirados da cultura pura com 7 dias de cultivo. Em seguida, os frutos foram recobertos com sacos plásticos (Figura 7). A avaliação foi realizada através de medições de diâmetro da lesão *in vivo* (média de duas medidas diametralmente opostas), com auxílio de um paquímetro para avaliar a severidade das lesões (Figura 8) (ANDRADE & VIEIRA, 2016).



Figura 6. Frutos previamente selecionados.

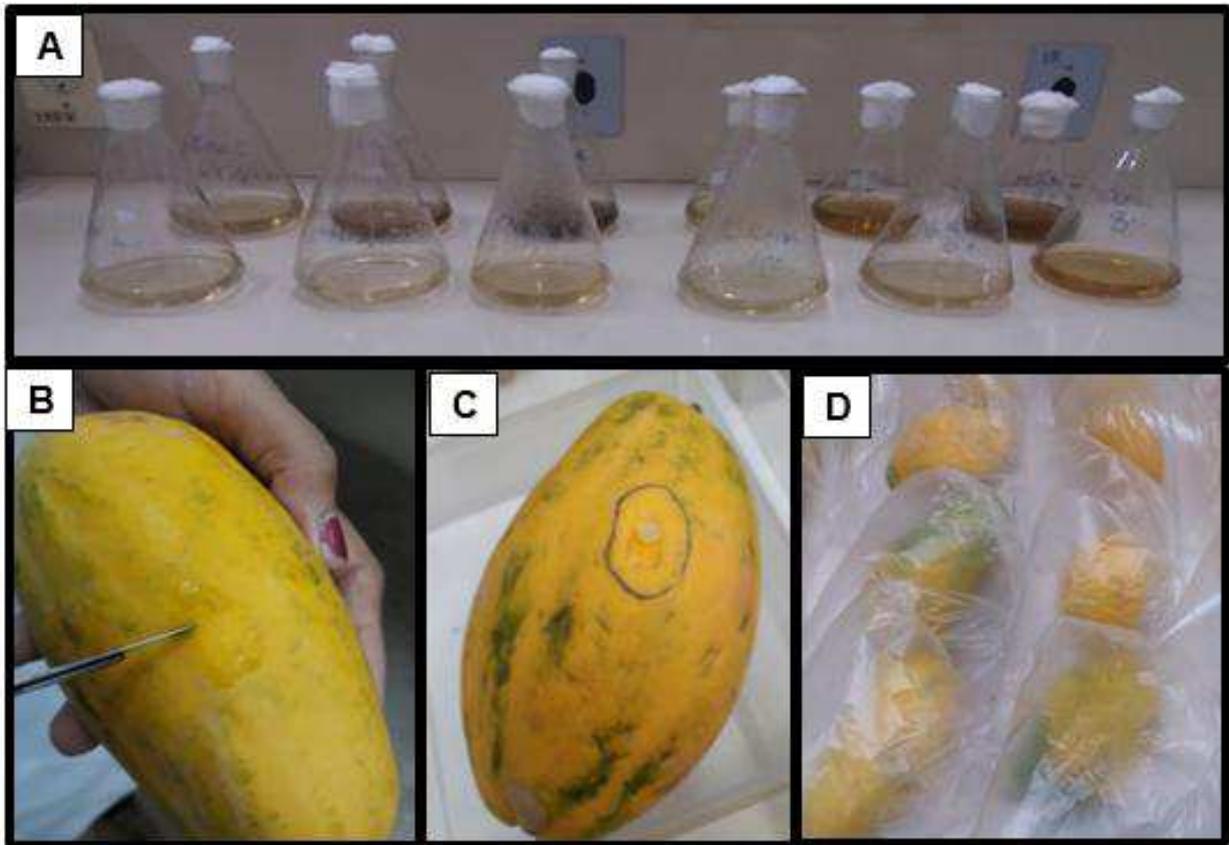


Figura 7. Procedimentos do teste *in vivo*. Extrato aquoso (A); Ferimento (B); Inoculação (C); Câmara úmida (D).



Figura 8. Avaliação da severidade das lesões de *P. palmivora* em frutos tratados com extratos (teste *in vivo*).

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise estatística revelam interação significativa entre os elementos, extratos vegetais x concentrações, sendo observadas diferenças no crescimento micelial dos fitopatógenos em virtude das concentrações de cada extrato utilizado, indicando que os tratamentos estudados exercem influência positiva sobre o controle do fungo.

Efeito inibitório de extratos vegetais no controle do fungo *Phytophthora palmivora* sob condições in vitro

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, ocorrem diferenças significativas para os extratos aquosos de folhas de canela e erva-cidreira ao sétimo dia de avaliação do crescimento micelial do patógeno. Observa-se que os extratos utilizados apresentam efeito inibitório no crescimento micelial do fungo, independente da concentração utilizada, em comparação a testemunha.



Tabela 1. Crescimento micelial *in vitro* do fungo *Phytophthora palmivora* em meio de cultura BDA com extratos aquosos de folhas canela, erva-cidreira, graviola e melão-de-são-caetano em diferentes concentrações

Médias (diâmetro em mm)				
7 dias				
Concentrações (%)	Canela	Erva-Cidreira	Graviola	M.S.C
0	90 a	90 a	90 a	90 a
4	25,6 c	87,7 a	88,1 a	86,4ab
6	24 c	85,3 a	87,3 a	84,1ab
8	6,7 b	73,1 b	86,7a	80,3b
CV	19,55	4,05	2,79	4,5

Entre os extratos vegetais utilizados, ocorre diferença significativa apenas na concentração de 8%, quanto o extrato de canela apresenta inibição superior ao extrato aquoso de folhas de erva-cidreira. Resultados semelhantes foram relatados por Venturoso et al. (2011), revelaram que o efeito do extrato aquoso de canela para todos os patógenos estudados, *Cercospora kikuchii*, *Fusarium solani*, *Colletotrichum* sp. e *Phomopsis* sp., foram dependentes das concentrações utilizadas, constatando-se maior atividade antifúngica com o aumento das concentrações. Os resultados encontrados neste trabalho, para o extrato de canela em maior concentração (8%), ao sétimo dia, assemelham-se aos dos referidos autores.

Para os demais extratos, o efeito fungitóxico compreende valores menores quando comparados com aqueles obtidos para a canela. Para a graviola os valores variam de 86,7 a 90 mm, respectivamente, para as concentrações de 8 e 0%, enquanto para melão-de-são-Caetano o crescimento apresenta-se entre 8,03 a 9 mm, por outro lado não há diferença estatística para graviola, nos substratos para as concentrações. A redução da capacidade de inibição, apresentada pelos extratos de graviola e melão-de-são-caetano, pode ser atribuída à volatilização dos constituintes químicos dos extratos e/ou à instabilidade dos mesmos, na presença de luz, calor, ar e umidade no interior das placas de Petri (SIMÕES & SPITZER, 2000 *apud* FERREIRA et al., 2014).

Para o tratamento de sementes armazenadas de *Manihot glaziovii*, Martins et al. (2009), em estudo realizado com extrato aquoso de melão-de-são-caetano, observaram que



mesmo com as concentrações elevadas do extrato, não foram suficientes na inibição do desenvolvimento de *Sphaerotheca* sp. Por outro lado, em *Rhizopus* sp., o extrato apresentou discreta atividade antifúngica, tendo uma tendência na diminuição do crescimento micelial, no substrato BDA.

Estudos desenvolvidos por Silva et al. (2011), demonstraram que extratos de folhas ou galhos de melão-de-são-caetano em concentrações mais elevadas poderão vir a ser usados como alternativa ao controle de fungos de solo (*Fusarium e Sclerotium*) da antracnose (*C. gloeosporioides*) e no tratamento de doenças de pós-colheita ocasionadas por *Penicillium*, integrando outras técnicas de controle.

Extrato de Canela

Na Figura 9 evidencia-se que o extrato aquoso de canela apresenta inibição do crescimento micelial do patógeno *Phytophthora palmivora*, logo a partir da menor concentração no período de sete dias de avaliação. O resultado da inibição do patógeno pode ser atribuído ao princípio ativo eugenol, sendo o composto principal das folhas que pode chegar a 60 a 70% da composição da planta (LIMA et al., 2005). Pesquisas indicam que este constituinte mostra resultados satisfatórios contra fungos fitopatogênicos (SILVA, 2008; COSTA, 2011; DUARTE, 2014).

Extrato de Erva-cidreira

Para o tratamento com extrato de erva-cidreira, de acordo com a Figura 10 observa-se que ocorre diferença significativa no crescimento micelial do fungo, na concentração de 8%. Resultado semelhante foram obtidos por Ferreira et al. (2014), em estudo realizado com extratos aquosos de erva-cidreira na concentração de 8%, no controle do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., uma vez que, a erva-cidreira apresenta inibição superior ao extrato aquoso de folha de graviola, observado na Figura 3.

Extrato de Graviola

De acordo com a Figura 11, a inibição do CM do fungo no tratamento com extrato de graviola nas diferentes concentrações, observa-se que o extrato de graviola apresenta baixo efeito sobre o crescimento micelial. Um dos fatores que pode explicar a baixa eficiência apresentada pelo tratamento de graviola neste trabalho é a dosagem adotada. Pesquisa



realizada por Frias e Andreani (2009), relatam que a falta de atividade antifúngica dos extratos de arruda, cravo de defunto, graviola, conde, calêndula, tiririca, manga e primavera poderia estar relacionada com as doses utilizadas.

Extrato de Melão-de-são-caetano

Os resultados referentes à inibição do crescimento micelial de *Phytophthora palmivora* pelo extrato de melão-de-são-caetano incorporados em meio de cultura sólido, com diferentes concentrações, estão apresentados na Figura 12.

A concentração de 8% inibiu parcialmente o CM do patógeno, diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 1). Considerando o efeito de doses crescentes de extratos de melão-são-caetano, verifica-se que com aumento das concentrações ocorre uma redução do crescimento micelial. Celoto (2005), verificou atividade antifúngica do extrato aquoso de melão-de-são-caetano, que inibiu 71% do CM do fungo *Colletotrichum musae* ao ser incorporado na concentração de 50%, logo constatou que o grau de inibição *in vitro* está relacionada com o aumento da concentração do extrato.

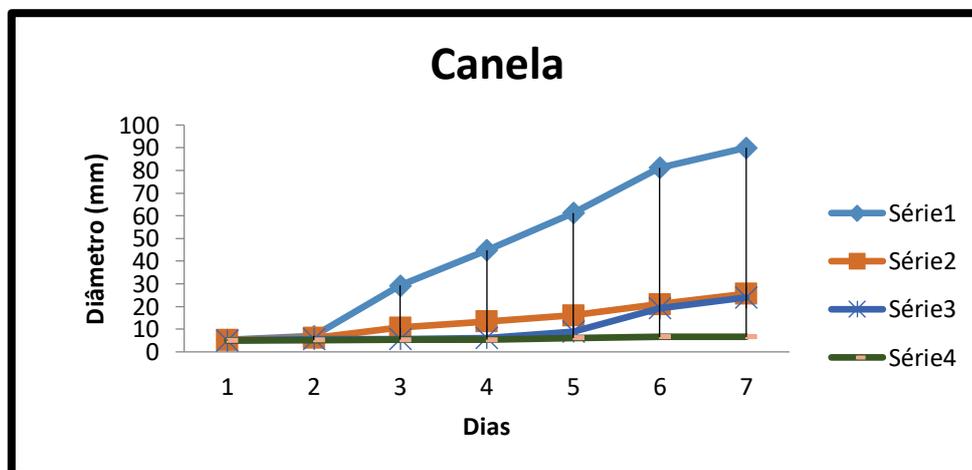


Figura 9. Gráfico de crescimento micelial *in vitro* do fungo *Phytophthora palmivora* sobre efeito de extrato de canela.

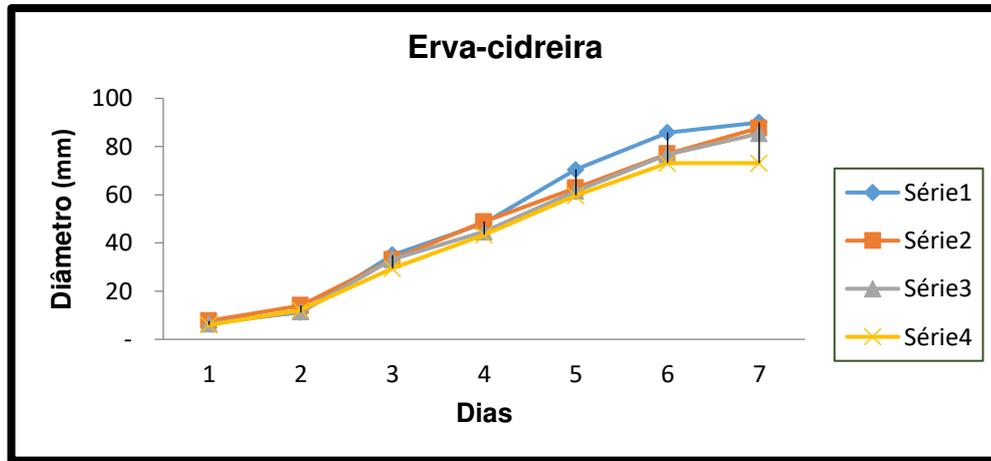


Figura 10. Gráfico de crescimento micelial *in vitro* do fungo *Phytophthora palmivora* sobre efeito de extrato de erva-cidreira.

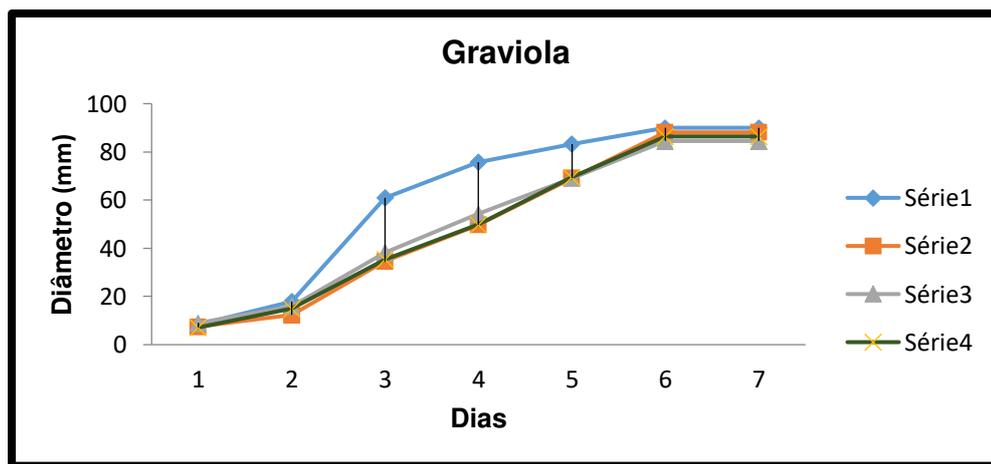


Figura 11. Gráfico de crescimento micelial *in vitro* do fungo *Phytophthora palmivora* sobre efeito de extrato de graviola.

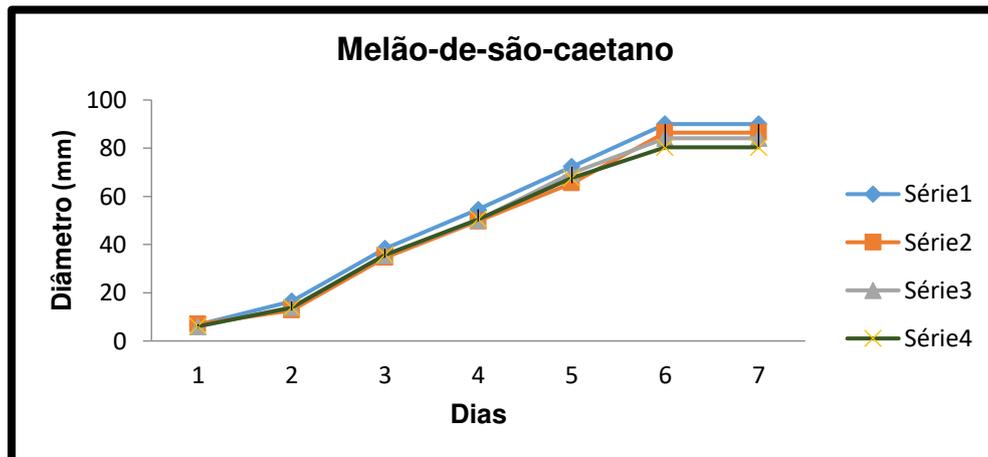


Figura 12. Gráfico de crescimento micelial *in vitro* do fungo *Phytophthora palmivora* sobre efeito de extrato de melão-de-são-caetano.

Efeito inibitório de extratos vegetais no controle do fungo *Phytophthora palmivora* na fase pós-colheita de frutos de mamoeiro

Os extratos vegetais de canela, erva-cidreira, graviola e melão-de-são-caetano foram testados *in vivo* visando à conservação pós-colheita de frutos de mamoeiro, cultivar *Golden*, obtidos de forma comercial.

O isolado de *P. palmivora* mostra-se patogênico aos frutos previamente inoculados com discos de BDA contendo estruturas do patógeno. Os sintomas iniciais de gomose surgiram no segundo dia após a retirada da câmara úmida, com o aumento da intensidade ao terceiro dia (Figura 13).

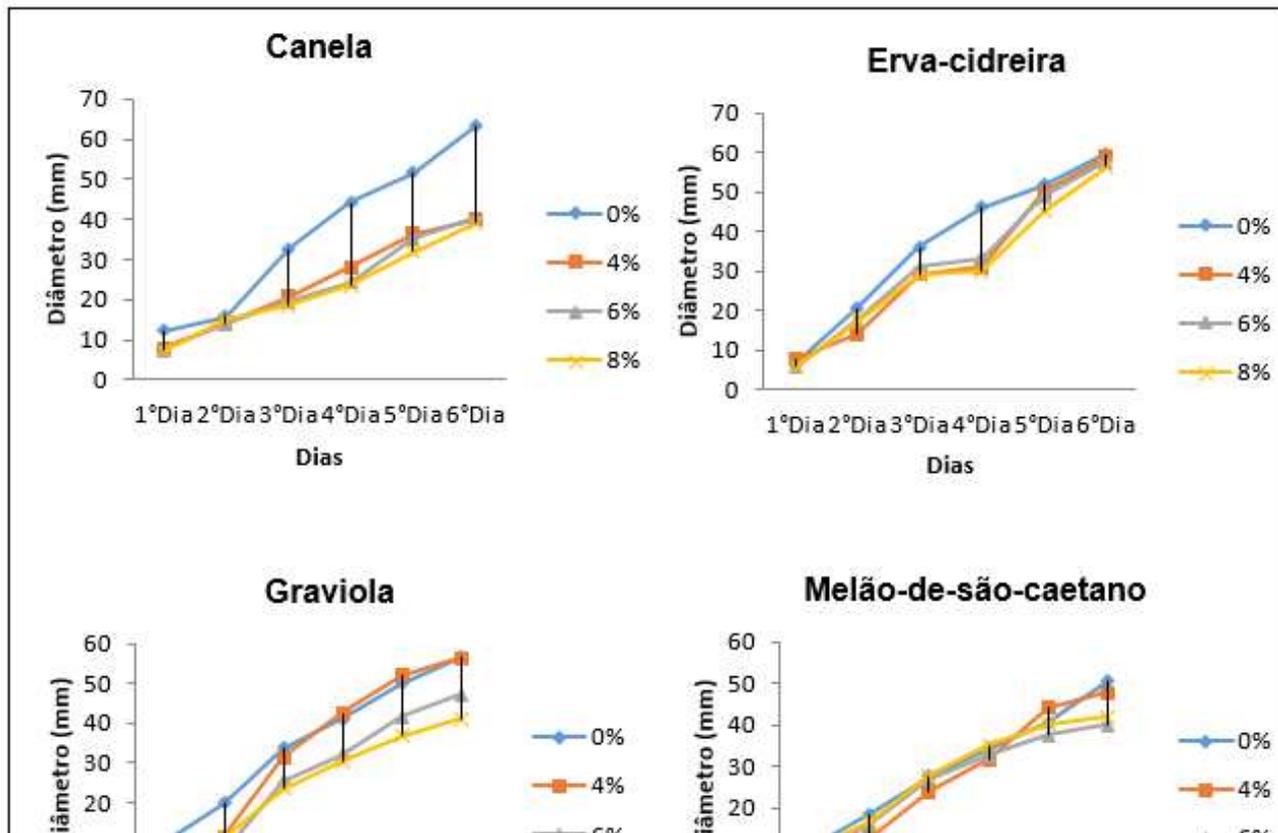


Figura 13. Severidade das lesões (mm) de *P. palmivora* em frutos de mamão cv. Golden submetidos a diferentes concentrações de extratos vegetais de canela, erva-cidreira, graviola e melão-de-são-caetano em 7 dias de avaliação.

O contraste entre as médias das testemunhas e dos demais tratamentos apresenta diferença significativa, verifica-se que ocorre efeito inibitório destes sobre a infecção do fungo *P. palmivora*, sendo que o extrato vegetal de canela a 8% apresenta-se mais eficiente, com menores áreas lesionadas nos frutos de mamoeiro, com média de 38,87% (Tabela 2). Observa-se ainda que os extratos vegetais de erva-cidreira, graviola e melão-de-são-caetano apresentam áreas lesionadas crescentes ao longo dos dias, resultado este representado na Figura 13.

Andrade (2016), ao analisar o efeito dos óleos essenciais (alecrim, menta, capim-limão, anis, árvore-chá e canela) em diferentes concentrações, sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos do mamoeiro, observou que a taxa de germinação dos conídios decresceu com o aumento das concentrações testadas, diferindo significativamente do controle.



Lópes et al. (2005), ao avaliarem atividade antimicrobiana de óleos essenciais de canela, cravo, manjeriço, alecrim, aneto e gengibre, constataram que canela e cravo obtiveram o melhor resultado para ação antifúngica. Resultados semelhantes com o óleo essencial de canela foram obtidos por Souza et al. (2004), que verificaram a eficiência desta na inibição micelial dos fungos *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Eurotium repens* e *Aspergillus niger*. Faria (2006), ao avaliar uma espécie de *Alternaria* isolada de tomateiro e *Penicillium chrysogenum*, constatou que a ação isolada de compostos como o eugenol presente na canela são eficientes no controle de microrganismos.

Tabela 2. Severidade das lesões do fungo *Phytophthora palmivora* em frutos de mamoeiro cv. Golden tratados com extratos aquosos de folhas canela, erva-cidreira, graviola e melão-de-são-caetano em diferentes concentrações (teste *in vivo*)

Médias (diâmetro em mm)				
6 dias				
Concentrações (%)	Canela	Erva-Cidreira	Graviola	M.S.C
0	63,87 a	59,62 a	56,68 a	50,37 a
4	40,06 b	58,87 a	56,5 a	47,68 a
6	40,12 b	57,62 a	47,25 a	40,06 a
8	38,87 b	56,5 a	41,12 a	41,87 a
CV	18,23	17,65	34,7	30,16

Conclusão

Nos testes *in vitro* o extrato vegetal de canela e erva cidreira reduziram o crescimento micelial de *P. palmivora*, com o aumento das concentrações testadas, diferindo significativamente do controle, embora a eficiência inibitória tenha oscilado em relação às concentrações.

Os frutos de mamoeiro tratados com o extrato vegetal de canela a 8% foi o mais eficiente com redução nas áreas lesionadas com média de 38,87% em frutos inoculados com *P. palmivora*.

Apesar da escassez de trabalhos relacionados ao tratamento de frutos de mamoeiro em pós-colheita com extratos vegetais, para o controle da gomose, os resultados encontrados neste trabalho sugerem que o uso de extratos de canela e erva-cidreira que têm potencial para



o controle dessa doença e podem ser uma alternativa a mais a se somar às medidas de controle, sendo vista como uma alternativa que possa ser repassada para pequenos produtores, minimizando o uso de fungicidas convencionais e consequentemente ajudando na preservação do meio ambiente, e na proteção à saúde dos trabalhadores, assim como na melhoria do produto com relação à qualidade e longevidade.

Referências

- ANDRADE, W. P.; VIEIRA, G. H. C. Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose *in vitro* e em frutos de mamoeiro. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.18, n.1, p.367-372, 2016.
- CELOTO, M. I. B. Atividade antifúngica de extrato de melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.) sobre *Colletotrichum musae* (Berk. e Curtis) Arx. 73f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Sistema de Produção). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. São Paulo, 2005.
- COSTA, A. R. T.; AMARAL, M. F. Z. J.; MARTINS, P. M.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T. S.; TRESVENZOL, L. M. F.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.13, n.2, p.240-245, 2011.
- DIANESE, A. de C. Podridão do pé do mamoeiro: características do patógeno, sintomatologia e controle. Embrapa Cerrados planaltina, DF. 2007.
- DUARTE, R. C. Estudos dos compostos bioativos em especiarias (*Syzygium aromaticum* L., *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Myristica fragans* Houtt) processadas por radiação ionizante. 145f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2014.
- FARIA, A. R. N.; NORONHA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. A. R.; OLIVEIRA, A. M. G.; CARDOSO, C. E. L.; RITZINGER, C. H. S. P.; OLIVEIRA, E. J.; COELHO, E. F.; FILHO, H. P. S.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SOUZA, L. D.; OLIVEIRA, M. A.; FILHO, M. A. C.; SANCHES, N. F.; FILHO, P. E. M.; MEDINA, V. M.; COROLEIRO, Z. J. M. A cultura do mamão. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2009. 119p. (Coleção Plantar, 65).
- FERREIRA, E. F.; REBOUÇAS, A. S. J.; BOMFIM, M. P.; PORTO, J. S.; SILVA, J. J. Uso de extratos vegetais no controle *in vitro* do *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. coletado em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.36, n.2, p.346-352, 2014.



- FRIAS, D. F. R.; ANDREANI, D. I. K. Verificação de atividade antifúngica de extratos de plantas e óleo de Eucalipto no controle *in vitro* de *Aspergillus niger*. Revista CES/ Medicina Veterinaria y Zootecnia, v.4, n.2, p.12-19, 2009.
- INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. 2022. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/fruticultura-mamao>. Acesso em: 23/11/2022.
- LIMA, M. P.; ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; SILVA, T. M. D.; FERNANDES, C. S. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). Acta Amazonica, v.35, n.3 p.363-366, 2005.
- LÓPEZ, P.; SÁNCHEZ, C.; BATLLE, R.; NERÍN, C. Solid- and vapor-phase antimicrobial activities of six essential oils: susceptibility of selected foodborne bacterial and fungal strains. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.53, n.17, p.6939-6946, 2005.
- MARTINS, M. T. C. S.; NASCIMENTO, L. C.; ARAÚJO, E. R.; RÊGO, E. Ramalho; ALCÂNTARA, R. L. B.; FÉLIX, L. P. Atividade antifúngica de extrato de melão-de-são-caetano em sementes de maniçoba. Horticultura Brasileira, v. 27, n.2, 2009.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS; H. P. F.; MEISSNER, P. E. F. Manejo de doenças do mamoeiro. In: Simpósio do Papaya Brasileiro, 2011, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assisat Software Version 7.7 and its use the analysis of experimental data. Afr. j. Agric. Res., v.11, n.39, p.3736-3740, 2016.
- SILVA, J. G.; MELO, R. P.; ARAÚJO, J. D. M.; PESSOA, M. N. G.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. de A. Avaliação de extrato de melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.) como medida alternativa de controle a fungos fitopatogênicos. Cadernos de Agroecologia, v.6 n.2, 2011.
- SILVA, F. C. Efeito *in vitro* e *in vivo* dos óleos essenciais de condimentos sobre fungos que ocorrem em pós-colheita em frutos de morango e mamão. 85f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2008.
- SOUZA, S. M. C.; PEREIRA, M. C.; ANGÉLICO, C. L.; PIMENTA, C. J. Avaliação de óleos essenciais de condimentos sobre o desenvolvimento micelial de fungos associados a produtos de panificação. Ciência & Agrotecnologia, v.28, n.3, p.685-690, 2004.
- VENTUROSO, L. dos R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, C. A.; BERGAMIN, A. C. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógeno. Summa Phytopathologica, v.37, n.1, p.18-23, 2011.



Capítulo II

EFEITO FUNGITÓXICO DO ÓLEO VEGETAL DE PRACAXI (*Pentaclethra macroloba*) (WILLD.) KUNTZE) SOBRE O CRESCIMENTO MICELIAL DE *Colletotrichum gloeosporioides* (PENZ.) PENZ & SACC. DE FRUTOS DE MAMÃO

Laís Pinto da Rocha

Engenheira agrônoma, UFRA, laisp.rocha.ufra@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0962-1404>

Iris Lettiere do Socorro Santos da Silva

Doutora em Agronomia, UFRA, Belém-PA, iris.lettieri@ufra.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-4214-2811>

Nara Helena Tavares da Ponte

Prof. Dra. Visitante, Universidade do Estado do Amapá, Macapá-AP, nara.ponte@ueap.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7815-4873>

Adélia Benedita Coelho dos Santos

Doutora em Agronomia, UFRA, Belém/PA, adelia.santos@ufra.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7457-6473>



Introdução

O comércio mundial da cultura do mamoeiro obteve um volume exportado de mamão mundialmente em 2018 foi de 362,2 mil toneladas, correspondendo a US\$ 292,6 milhões (FAOSTAT, 2022). Apesar da produção de mamão ocorrer em vários estados brasileiros, a maior parte da produção está concentrada no Espírito Santo e na Bahia, que juntos representam 68,3% da produção nacional. Em 2019 o Espírito Santo foi o Estado com maior produção (403.278 t) e uma produtividade média de 58.667 kg/ha, sendo responsável por 41,9% das exportações brasileiras, representando US\$ 21.301.823 (IBGE, 2020).

Atualmente, as doenças têm sido fator limitante à sua produção. Entre os principais fatores responsáveis por diminuir a expansão da cultura, pode-se destacar a antracnose do mamoeiro, causada por espécies de *Colletotrichum* spp (FREITAS, 2014).

A antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., constitui-se na doença mais importante incidente sobre frutos maduros em regiões produtoras do mundo. A doença é muito significativa para a economia, pois os frutos atacados pelo *C. gloeosporioides* tornam-se inadequados para a comercialização e consumo. Ainda que estes não apresentem os sintomas nas condições de campo, a doença se manifesta posteriormente na fase de embalagem, transporte, amadurecimento e comercialização, causando grandes porcentagens de perdas (OLIVEIRA & SANTOS FILHO, 2000).

A pesquisa fitopatológica visando o controle da população de fungos e outros microrganismos, principalmente aqueles que provocam danos à agricultura, tem tido um considerável implemento nos últimos anos através do emprego de óleos, bálsamos e extratos vegetais (BASTOS, 1997; DAVID et al., 2006).

Segundo Feng e Zheng (2007) o uso de óleos essenciais é promissor para o desenvolvimento de agentes antifúngicos seguros por apresentar ações antimicrobianas e antifúngicas e ser relativamente seguros e largamente aceitos pelos consumidores. Por isso, diversos estudos sugerem a utilização de óleos essenciais que possuam propriedades antifúngicas na pós-colheita de frutos (REGNIER et al., 2008; SHARMA & TRIPATHI, 2008; FENG et al., 2008).

Outro fator importante que contribuiu para o interesse pela utilização de produtos derivados de princípios ativos naturais foi o avanço da agricultura orgânica e a exigência da sociedade por alimentos livres de agrotóxicos. Assim, surgiu a necessidade de resgatar a



utilização de produtos fitossanitários, produzidos a partir de substâncias naturais, bem como a utilização do controle biológico de pragas (MORAIS, 2009).

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo avaliar o efeito *in vitro* do óleo vegetal de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) (Willd.) Kuntze) no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., agente causal da antracnose do mamão pós-colheita.

Material e Métodos

Obtenção do Inóculo

O experimento foi realizado no Laboratório de Fitopatologia de Pesquisa na Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, localizada na cidade de Belém-Pará. Para a instalação do experimento foram utilizados frutos maduros de mamão (*Carica papaya* L.) para obter-se o isolado do patógeno, os frutos de mamão foram acondicionados individualmente em câmaras úmidas, mantidas em à temperatura média de 28°C, até o aparecimento de lesões e estruturas fúngicas, posteriormente foi realizado o isolamento indireto de frutos, seguindo a metodologia Menezes (2004).

Com o auxílio de um estilete, retirou-se os fragmentos da região de transição da lesão (entre tecido sadio e doente) e efetuou-se o plaqueamento em meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar), empregando-se quatro fragmentos por placa, numa distribuição equidistante e mantidas durante 7 dias. Após o crescimento do fungo, retirou-se um pequeno bloco da colônia e transferiu-se para o centro de uma outra placa, contendo o meio de cultura, com o intuito de se obter a cultura pura (MENEZES, 2004).

Efeito in vitro do óleo vegetal sobre o crescimento micelial de Colletotrichum gloeosporioides

Após sete dias de cultivo em cultura pura, o fungo foi transferido para placas de Petri contendo as concentrações do óleo de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) (Willd.) Kuntze) obtido em estabelecimento comercial, foi incorporado ao meio BDA fundente em sete concentrações. Após esse processo as placas foram incubadas à temperatura de 25°C durante seis dias. A avaliação consistiu de medições do diâmetro das colônias (média de duas medidas diametralmente opostas) iniciadas após 24 horas de incubação, até o momento em que as colônias fúngicas do tratamento testemunha atingiram toda superfície do meio de cultura.



Para o cálculo da porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) (BASTOS, 1997), foi aplicada a fórmula conforme a Equação 1.

$$PIC = \frac{(\text{crescimento na testemunha} - \text{crescimento no óleo essencial})}{\text{crescimento na testemunha}} \cdot 100 \text{ (Eq.1)}$$

No teste *in vitro*, foi avaliado o crescimento micelial do fungo submetido a 7 diferentes concentrações (0, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 μ L) do óleo vegetal de pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) (Willd.) Kuntze) (Tabela 1) com 5 repetições, totalizando 35 unidades experimentais em delineamento inteiramente casualizado.

Tabela 1. Concentração de óleo de pracaxi utilizadas no teste *in vitro* no controle de *C. gloeosporioides*

Tratamentos	Concentração de óleo
0 μ L	Apenas o meio de cultura
25 μ L	0,025 mL ou 0,5 gotas
50 μ L	0,05 ml ou 1 gota
100 μ L	0,1 mL ou 2 gotas
200 μ L	0,2 mL ou 4 gotas
500 μ L	0,5 mL ou 10 gotas
1000 μ L	1 mL

Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do software ASSISTAT v. 7.7 (SILVA, 2009).

Resultados e Discussão

Efeito in vitro do óleo vegetal sobre o crescimento micelial de Colletotrichum gloeosporioides

Testes *in vitro* são geralmente utilizados para a seleção inicial de produtos alternativos capazes de controlar fitopatógenos (FONSECA et al., 2015).



O óleo vegetal utilizado neste trabalho proporcionou inibição do crescimento micelial de *C. gloeosporioides*. O óleo na concentração de 1000 μ L, obteve-se o percentual de inibição do crescimento micelial (PIC) de 81,75% o patógeno, constituindo o melhor tratamento, seguido das demais concentrações, onde o percentual de inibição foi diminuindo gradativamente o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* como mostra a (Figura 1) no sexto dia de avaliação.

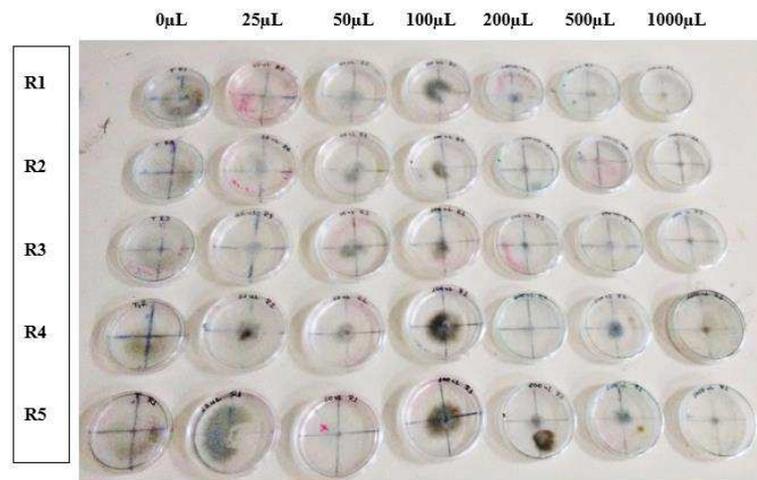


Figura 1. Crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, obtido de mamão, em meio de cultura BDA com a adição do óleo vegetal de pracaxi, em sete concentrações no sexto dia de incubação.

Dados semelhantes foram obtidos por Nascimento et al. (2014), analisando o efeito fungitóxico *in vitro* de óleos vegetais obtidos de palmeiras, na inibição do crescimento micelial de *Mycosphaerella fijiensis*, onde constatou-se que dos quatro óleos avaliados, três deles obtiveram efeito inibidor na concentração de 1000 μ L.

Na Tabela 2, verifica-se que o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* ocorre em todos os meios com diferentes concentrações do óleo, no entanto, segundo os resultados da análise de variância há diferença significativa dentre as concentrações avaliadas. Todas as concentrações apresentam potencial inibidor contra o patógeno, porém a concentração de 1000 μ L apresenta maior potencial inibidor tanto para o índice de crescimento micelial (ICM) quanto para a porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC).



Tabela 2. Efeito de diferentes concentrações de óleo de pracaxi sobre o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* em (cm) com 06 dias de incubação

Tratamentos (Concentrações)	Crescimento micelial (mm)
0 μL	5.81800 a
25 μL	4.24400 b
50 μL	3.83400 b c
100 μL	3.83600 b c
200 μL	2.62600 c
500 μL	2.50200 c
1000 μL	1.06200 d

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em pesquisa realizada por Oliveira et al. (2006), o óleo de *Copaifera dukey* (copaíba) foi eficiente na inibição do crescimento micelial dos fungos *S. rolfsii*, *M. phaseolina* e *R. solani* na concentração de 250 μL de óleo 100 mL^{-1} de BDA.

Na Figura 2, para o teste *in vitro* pode-se notar que o maior efeito inibitório dentre as concentrações utilizadas foi observado na concentração de 1000 μL em todos os dias de avaliação com valor de ICM de 1,14 cm no último dia em comparação com a testemunha que apresenta no último dia de avaliação, o valor de 8,64 cm. Pode-se verificar a ação inibitória de forma semelhante nas concentrações de 50 μL e 100 μL , assim também como entre as concentrações de 200 μL e 500 μL do óleo de pracaxi sobre o crescimento micelial.

Para a concentração de 1000 μL , no entanto, percebe-se que a partir do 2º dia de incubação o crescimento micelial é interrompido.

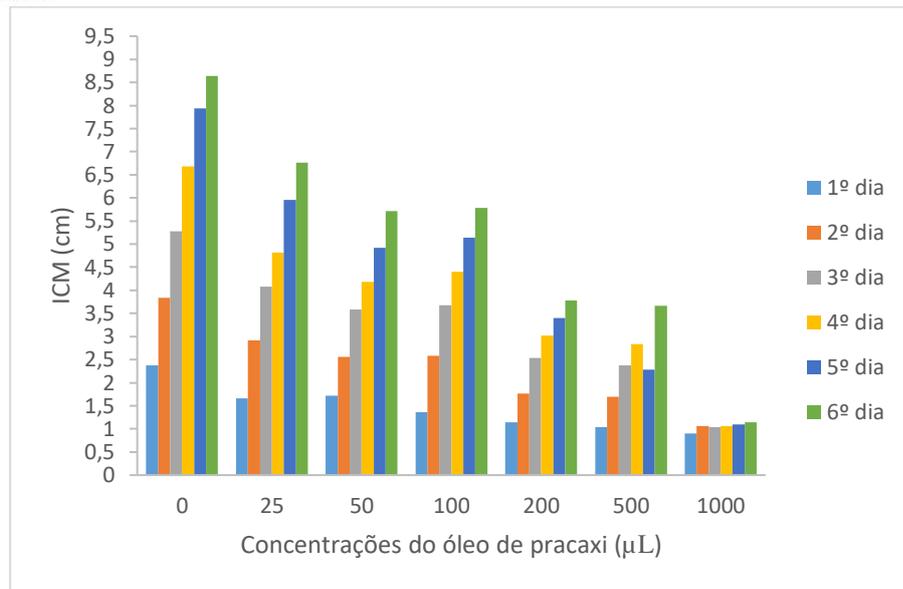


Figura 2. Efeito de diferentes concentrações de óleo de pracaxi (μL) no índice de crescimento micelial (ICM) de *Colletotrichum gloeosporioides* em 6 dias de avaliação.

De acordo com Solino et al. (2012), analisando o efeito de óleos não emulsionáveis de soja, nim e copaíba, apresentaram efeito fungistático sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* de maracujazeiro em ensaio *in vitro*. Acredita-se que a composição química dos óleos vegetais pode ter influência direta nos resultados da inibição do fitopatógeno, pois a presença ou ausência de compostos químicos pode influenciar diretamente na ação biológica do óleo (PIMENTEL et al., 2010).

Alguns dados são observados na literatura utilizando extratos vegetais se mostraram eficientes no controle de fungo. Chávez-Quintal et al. (2011) utilizando extratos etanólicos de folhas de mamão na concentração de 20 mg mL^{-1} *in vitro*, mostraram que embora tenha sido menos eficaz que o fungicida comercial (51,20%), o extrato da folha inibiu 21,84% o crescimento micelial em *C. gloeosporioides*. Marinho et al. (2018) utilizaram extratos hidroetanólicos de folha de saboeiro (*Sapindus saponaria* L.) e obtiveram uma inibição de 70% do crescimento do fungo na concentração de 50 mg mL^{-1} e essa inibição foi superior (80%) na presença de 100 mg mL^{-1} de extrato de amora, após um período de 7 dias de incubação. Já España et al. (2017) utilizaram extratos de três espécies de folha de Eucalipto (*E. camaldulensis* Dehn., *E. globulus* Labill. e *E. tereticornis* Smith.) nas concentrações de 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 mg L^{-1} . O extrato de *Eucalyptus camaldulensis*



obteve 98% de inibição a uma concentração de 5000 mg mL⁻¹, todavia o extrato etanólico de *Eucalyptus globulus* inibiu em 50% a uma concentração mais baixa de 500 mg mL⁻¹.

Conclusão

O óleo de pracaxi tem ação promissora sobre o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* oriundos de frutos de mamão, com maiores taxas de inibição a partir de 200 µL de concentração, pois a partir desta concentração houve inibição de 54,90%, seguido da concentração de 500µL com inibição de 56,97% e na concentração de 1000µL com inibição de 81,75%.

O óleo vegetal de pracaxi tem potencial para controle do fitopatógeno testado, no entanto, apesar dos resultados promissores nos testes *in vitro*, estudos de campo são essenciais para confirmar o seu potencial de uso no controle deste fitopatógeno.

Referências

- BASTOS, C. N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipelis pernicioso* e outros fungos fitopatogênicos. *Fitopatologia Brasileira*, v.22, n.3, p.44-3, 1997.
- CHÁVEZ-QUINTAL, P. FLORES, T. G.; BUENFIL, I. R.; TINTORÉ, S. G. Antifona activity in ethanolic extracts of *Carica papaya* L. cv. Maradol leaves and seeds. *Indian Journal of Microbiology*, v.51, n.1, p.54- 60, 2011.
- DAVID, E. F. S. Rendimento e composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v.8, n.4, p.183-8, 2006.
- ESPAÑA, M. D.; ARBOLEDA, J. W.; RIBEIRO, J. A.; ABDELNUR, P. V.; GUZMAN, J. Eucalyptus leaf byproduct inhibits the anthracnose-causing fungus *Colletotrichum gloeosporioides*. *Industrial Crops and Products*, v.108, p.793-797, 2017.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 06 de dez. 2022.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 20 novembro de 2022.



- FENG, W.; ZHENG, X.; CHEN, J.; YANG, Y. Combination of cassia oil with magnesium sulphate for control of postharvest storage rots of cherry tomatoes. *Crop Protection*, v.27, p.112-117, 2008.
- FENG, W.; ZHENG, X. Essential oils to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo*. *Food Control*, v.18, p.1126-30, 2007.
- FREITAS, W. E. S. Qualidade e potencial de conservação pós-colheita dos frutos de mamoeiro híbrido. Mossoró, 120f. Dissertação (Mestrado e Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2014.
- FONSECA, M. C. M.; LEHNER, M. S.; GONÇALVES, M. G.; PAULA JUNIOR, T. J.; SILVA, A. F.; BONFIM, F. P. G.; PRADO, A. L. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. *Rev. Bras. Pl. Med.*, v.17, n.1, p.45-50, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal - PAM. Sistema IBGE de Recuperação Automática de Dados, SIDRA IBGE-PAM. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 06 de dezembro 2022.
- MARINHO, G. J. P.; KLEIN, D. E.; SIQUEIRA JUNIOR, C. L. Evaluation of soapberry (*Sapindus saponaria* L.) leaf extract against papaya anthracnose. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.2, p.127- 131, 2018.
- MENEZES, M.; ASSIS, S. M. P. Guia prático para fungos fitopatogênicos, 2. ed. rev. e ampl. Imprensa Universitária, Recife, 183p.
- MORAIS, L. A. S. de; GONÇALVES, G. G.; BETTIOL, W. Óleos essenciais no controle de doenças de plantas. In: LUZ, W. C. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 17, p. 257-304, 2009.
- NASCIMENTO, G. O.; FERREIRA, J.; NASCIMENTO, L.; ABREU, M. G.; SOUSA, R. Ação de óleos vegetais no controle de Sigatoka-Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) de bananeiras (*Musa* sp.), na região do Alto Juruá, Acre. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.19, p.15-25, 2014.
- OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A.; BARROS, P. L. C.; POLTRONIERI, L. B. Avaliação do óleo de copaíba (*Copaifera*) na inibição do crescimento micelial *in vitro* de fitopatógenos, *Revista Ciências Agrárias*, v.46, p.53-61, 2006.
- OLIVEIRA, A. A. R.; BARBOSA, C. J.; FILHO, H. P. S.; FILHO, P. E. M. Mamão. Produção: aspectos técnicos. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). 2000. 77p.
- PIMENTEL, F. A.; CARDOSO, M. G.; BATISTA, L. R.; GUIMARÃES, L. G. L.; SILVA, D. M. Ação fungitóxica do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. e K. Shum sobre o



Aspergillus flavus isolado da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). *Acta Amazônica*, v.40, n.1, p.213-220, 2010.

REGNIER, T.; PLOOY, W.; COMBRINCK, S.; BOTHA, B. Fungitoxicity of *Lippia scaberrima* essential oil and selected terpenoid components on two mango postharvest spoilage pathogens. *Postharvest Biology and Technology*, v.48, p.254-8, 2008.

SHARMA, N.; TRIPATHI, A. Integrated management of postharvest *Fusarium* rot of gladiolus corms using hot water, UV-C and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. essential oil. *Postharvest Biology and Technology*, v.47, p.246-54, 2008.

SOLINO, A. J. da S.; ARAÚJO NETO, S. E. de; SILVA, A. L. N. da; SOUZA, A. M. A. de. Severidade da antracnose e qualidade dos frutos de maracujá-amarelo tratados com produtos naturais em pós-colheita. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.34, p.57-66, 2012.



Capítulo III

MICROORGANISMOS COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO DE EUCALYPTUS UROGRANDIS

Daniela de Oliveira Luciano

Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais, UFT/PPGCFA, Gurupi-TO, danielaoluciano@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0768-0339>

Celso Afonso Lima

Graduando em Agronomia, UFT, Gurupi-TO, celsoa.lima@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9684-0682>

Milena Barreira Lopes

Graduanda em Agronomia, UFT, Gurupi-TO, milena.barreira.lopes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4353-9394>

Dalilla Moreira de Oliveira Moura

Graduanda em Agronomia, UFT, Gurupi-TO, dalilla.moreira@mail.uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7559-809X>

Ana Licia Leão Ferreira

Graduanda em Agronomia, UFT, Gurupi-TO, licia.leao@mail.uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-9871-9819>

Lillian França Borges Chagas

Dr^a. Prof^a. Curso de Agronomia, UFT, Gurupi-TO, lillianfbc@uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-0083-6452>

Aloisio Freitas Chagas Junior

Dr. Prof. Curso de Agronomia, UFT/PPGCFA, Gurupi-TO, chagasjraf@uft.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7489-8701>



Introdução

O reflorestamento com plantas clonais do gênero *Eucalyptus* ganhou destaque em relação a área plantada em todo território brasileiro. O sistema de clonagem favorece a multiplicação e conserva a homogeneidade nos plantios. Empresas e instituições de pesquisas vêm auxiliando com tecnologias e condições climáticas que favorecem no desenvolvimento do eucalipto no Brasil (RAASCH et al., 2013).

Doenças como *Fusarium* sp. e *Gylindrcladium* sp., que atacam as mudas e proporcionam o baixo índice de enraizamento, ainda são preocupações relacionadas ao material genético de eucalipto, pois acarreta enormes perdas econômicas (LAFETÁ et al., 2015). Mudanças com um excelente padrão de qualidade são essenciais para alcançar ganhos no desenvolvimento inicial e porcentagem alta em se tratando de sobrevivência (CUNHA et al., 2006).

O uso inadequado ou excessivo de agrotóxicos para minimizar o ataque de alguns patógenos causadores de doenças em viveiro é rotineira, e uma alternativa de baixo custo é a utilização de inoculantes de microrganismos promotores de crescimento de plantas (MPCP). Esses inoculantes aumentam a produção agrícola, tornam o produto mais competitivo e diferenciado e ainda, diminuem os custos de produção (COELHO et al., 2007). A utilização de MPCP é uma tecnologia promissora, pois vem exibindo resultados satisfatórios, com efeitos positivos no desenvolvimento de raízes e parte aérea de mudas de eucalipto com utilização, por exemplo, de *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas* sp. (MAFIA et al., 2005; TEIXEIRA et al., 2007).

Em resposta as pesquisas realizadas com MPCP, em especial com o *Bacillus* sp., pode-se observar a ação antagonista a alguns agentes patogênicos, tais como o controle de *Fusarium sambucinum*, responsável por danos em plântulas de *Pinus elliottii* (MACIEL et al., 2014). A inoculação de mudas com rizobactérias aumenta a qualidade do sistema radicular, o que possibilita maior taxa de sobrevivência das mudas e diminuição de doenças nos primeiros anos de plantio (MAFIA et al., 2007). A utilização de MPCP têm grande potencial na promoção do crescimento e enraizamento de mudas (MARQUES & UESUGI, 2013), em que a bactéria do gênero *Bacillus* está entre as mais estudadas (MOREIRA & ARAÚJO, 2013).

Outro MPCP que vem sendo bastante evidenciado é o fungo do gênero *Trichoderma*. Inicialmente, a promoção de crescimento de plantas pela aplicação de *Trichoderma* foi relacionada ao controle dos microrganismos prejudiciais presentes no solo (MACHADO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2021). Porém, alguns autores apontam que a associação do *Trichoderma* com as raízes promove o crescimento das mesmas através da produção de fitohormônios e aumento da disponibilidade e maior eficiência no uso de alguns nutrientes pelas plantas (BROTMAN et al., 2010; AZARMI et al., 2011; STEWART & HILL, 2014). O efeito benéfico do *Trichoderma* tem sido verificado no crescimento e desenvolvimento de várias culturas, como soja (CHAGAS JUNIOR et al., 2021; 2022), feijão (CHAGAS JÚNIOR et al., 2014), algodão (SHANMUGAIAH et al., 2009), cana-de-açúcar (SINGH et al., 2010),



maracujazeiro (SANTOS et al., 2010), tomate (AZARMI et al., 2011) e pepino (SILVA et al., 2011). Contudo, ainda são poucos os trabalhos que investigaram o uso de *Trichoderma* na promoção do crescimento de espécies florestais.

Estudos com o híbrido urograndis (CARVALHO FILHO et al., 2008), *Eucalyptus* sp. (FORTES et al., 2007), *Pinus radiata* (CHÁVEZ et al., 2014), *Gochnatia polymorpha* (MACHADO et al., 2015) e *Hevea brasiliensis* (PROMWEE et al., 2014) apresentaram resultados promissores. O mecanismo de ação do *Trichoderma* pode variar de acordo com a espécie, o tipo de cultivo e as condições ambientais (disponibilidade de nutrientes, pH ou temperatura). A esses fatores, também pode ser incluído a forma de inoculação do *Trichoderma*, que não é padronizada entre os estudos.

Visando a busca por alternativas mais econômicas, porém eficientes e que não acarretem danos ao meio ambiente, esse trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do uso *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum* no crescimento inicial da espécie de *Eucalyptus urograndis*.

Material e Métodos

Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT/PPGPV), *campus* de Gurupi, localizada sob as coordenadas 11°43'45"S e 49°04'07"N, e 280 m de altitude. A caracterização climática local é de clima tropical úmido com classificação do tipo pequena deficiência hídrica (B1wA'a') / vegetação de cerrado ou Savana Tropical segundo Köppen-Geiger (PEEL et al., 2007).

Obtenção das sementes

O híbrido *Eucalyptus urograndis* foi obtido através do Pomar Clonal de Sementes Híbridas-PCSH, localizado em Viçosa–MG, reembalada pela Biosementes, localizada em Ilhéus–BA. O lote das sementes híbridas foi LPSP052020, com o rendimento de 100 g de sementes.

Isolados de Bacillus subtilis

Utilizou-se nos testes dois isolados de *Bacillus subtilis* Bs08 e Bs10. Esses isolados são parte da coleção do Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da UFT, a qual foram obtidas de solos do cerrado em áreas de cultivos no Estado do Tocantins, e identificados através das características morfológicas, estruturais e características bioquímicas, de acordo com Manual de Bacteriologia Sistemática de Bergey (JAMES et al., 2005). Os isolados foram mantidos em meio estoque LB (Luria-Bertani) e repicados em meio LB e BDA.



Isolados de *Trichoderma*

Foi utilizado um isolado obtido também Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da UFT, caracterizados pelo sequenciamento da região TEF (Translation Elongation Fator) e identificados pelos códigos de acesso no GenBank no Instituto Biológico de São Paulo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Códigos de acesso no Gen Bank para isolados de *Trichoderma harzianum* (Região TEF – translation elongation factor)

Isolado	Identificação	Acesso	Referência
UFT-25	<i>Trichoderma harzianum</i> – CIB T131	EU 27998	Hoyos-Carvajal et al. (2009)

Inoculação dos microrganismos nas sementes de *E. urograndis*

As sementes de *E. urograndis* foram semeadas em tubetes com dimensões de 125mm de altura, diâmetro superior de 2,8 cm, diâmetro inferior de 1,0 cm, contendo um volume de 53 cm³ totalizando 216 tubetes. O substrato utilizado foi o Troprasto® florestal, a base de um mix com fibra de coco e um plus com fibra de coco e casca de arroz.

Foram utilizados quatro tratamentos, sendo um com inoculação de *T. harzianum* UFT-25, dois com inoculação de *Bacillus* (*B. subtilis* Bs08 e *B. subtilis* Bs10) e uma testemunha sem inoculação.

O isolado de *T. harzianum* UFT-25 foi cultivado em meio BDA (Batata dextrose e ágar) incubado em estufa tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 25°C, por 10 dias. Em seguida foi feita uma suspensão com água destilada e esterilizada contendo esporos, e esta suspensão foi ajustada para a concentração igual a 1×10^8 conídios por mL. Foram aplicados 1 mL de suspensão por tubete diretamente nas sementes de *E. urograndis* durante a semeadura.

Para obter a suspensão dos isolados de *Bacillus* os isolados foram cultivados em meio LB por três dias, sendo determinada a concentração de colônias em unidade formadora de colônia pelo método de diluição em série, apresentando a concentração de 1×10^9 por mL de suspensão, sendo usado também 1 mL de suspensão por tubete.

Avaliações e análise estatística

O experimento seguiu o método de delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) contendo quatro tratamentos e oito repetições. A primeira avaliação foi realizada em abril de 2022, 30 dias após o plantio e a segunda avaliação foi realizada em junho de 2022, 60 dias após o plantio.

As avaliações das mudas foram feitas observando os seguintes parâmetros: Altura da muda (cm), Comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), e massa seca da raiz (MSPR).



Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk, e ao ser constatada normalidade dos dados, procedeu-se análise de variância (One-Way ANOVA). Quando não apresentaram distribuição normal, foram ajustados via transformação Box-Cox e posteriormente efetuada análise de variância. Observada diferença significativa entre tratamentos ($p < 0,05$), utilizou-se teste Scott-Knott para comparação de médias. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R[®] 4.1.3.

Resultados e Discussão

Todos os tratamentos com uso dos microrganismos promotores de crescimento, comparados ao tratamento controle, apresentam resultados satisfatórios na primeira e segunda avaliação. A adição dos microrganismos ao substrato de cultivo promove o maior crescimento das mudas, quando comparados com o tratamento controle ($p < 0,05$). Nas avaliações após 30 e 60 dias de cultivo, constata-se que para a altura de plantas os tratamentos com os dois *B. subtilis* e o *Trichoderma* são superiores a testemunha sem inoculação (Figura 1).

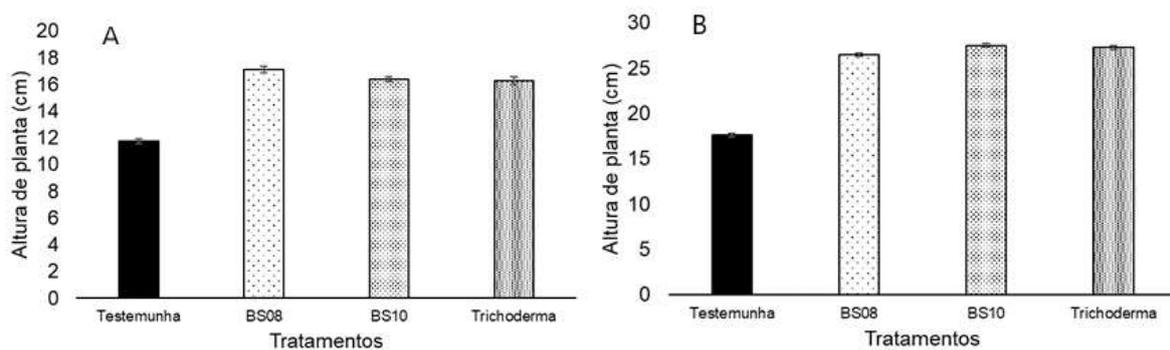


Figura 1. Altura de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (Trichoderma) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.

Para o comprimento de raiz, nas duas avaliações, o tratamento com inoculação de *Trichoderma* apresenta-se superior, seguido dos tratamentos com *B. subtilis*, também superiores a testemunha sem inoculação (Figura 2).

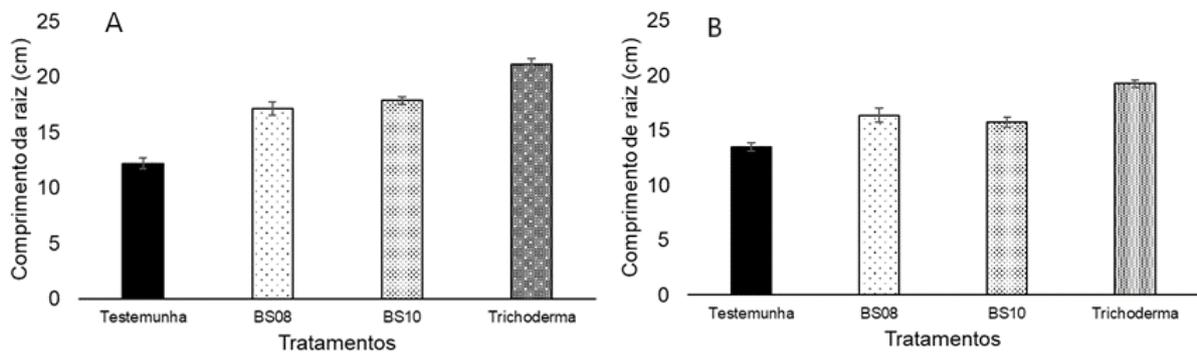


Figura 2. Comprimento de raiz de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (Trichoderma) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), na primeira avaliação aos 30 dias de cultivo o tratamento com *Trichoderma* é superior ($p < 0,05$), seguido dos demais tratamentos com *B. subtilis* também superiores a testemunha sem inoculação (Figura 3). Aos 60 dias de cultivo os tratamentos com os inoculantes não diferem entre si, mas foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha (Figura 3).

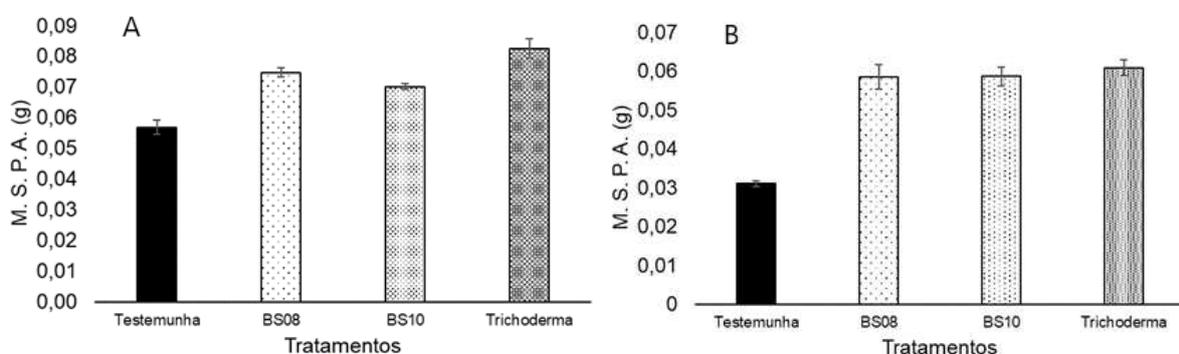


Figura 3. Massa seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (Trichoderma) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.

Para a massa seca da raiz (MSPR), na primeira avaliação aos 30 dias de cultivo o tratamento com *Trichoderma* apresenta-se superior ($p < 0,05$), seguido do tratamento com *B. subtilis* Bs08 e Bs10, também superiores a testemunha sem inoculação (Figura 4). Aos 60 dias de cultivo os tratamentos com os inoculantes não diferiram entre si, porém foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha (Figura 4).

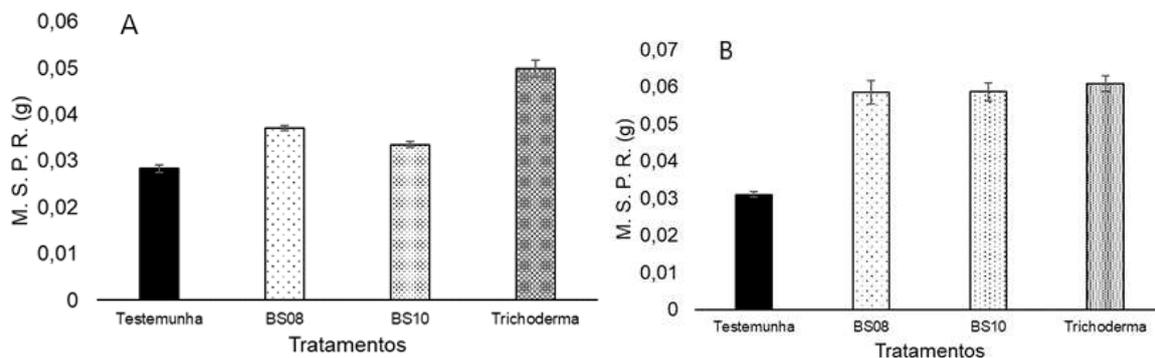


Figura 4. Massa seca da raiz de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em substratos inoculadas com *Bacillus subtilis* Bs08 (BS08), *B. subtilis* Bs10 (BS10) e *Trichoderma harzianum* UFT-25 (Trichoderma) aos 30 (A) e 60 (B) dias de cultivo.

Os resultados evidenciam os efeitos positivos destes microrganismos como promotores de crescimento vegetal, observados nos ganhos de biomassa pelas mudas inoculadas. O crescimento do sistema radicular nas mudas inoculadas com *B. subtilis* foi observado nas duas avaliações, e esse efeito pode estar relacionado a sua capacidade de sintetizar hormônios de crescimento vegetal e solubilização de nutrientes (BRAGA JUNIOR, 2019).

A capacidade de estimular o crescimento de plantas através do uso de bactérias tem sido corroborada por diversos estudos, como o de Raasch et al. (2013), que verificaram um aumento expressivo na altura de plantas de eucalipto, na massa radicular e comprimento de raízes de eucalipto inoculado com *B. subtilis*. Também utilizando *B. subtilis*, Araújo et al. (2012) verificaram que a bactéria pode ser utilizada como controle biológico contra o nematoide das galhas em cultivo de soja, apresentando eficácia semelhante ao controle químico.

De maneira semelhante aos resultados obtidos nesse trabalho, ao utilizar espécies florestais, Brunetta et al. (2010), ao isolar bactérias do gênero *Bacillus* spp. na região rizosférica do solo sob *Pinus taeda*, constataram que alguns isolados incrementaram significativamente de 10 a 16% a altura da espécie. Outros resultados promissores também foram obtidos quando Araújo (2008) inoculou sementes de milho com *Bacillus subtilis* e obteve ganho significativo em altura das plantas de até 134%. Ressalta-se uma relação indireta desses dados de crescimento em altura das plantas, com a capacidade das rizobactérias em produzirem hormônios de crescimento (HARTHMAN, 2010).

Sobre o fungo *Trichoderma* demonstra-se que apresenta potencial para ser utilizado na promoção do desenvolvimento de mudas. Segundo Brotman et al. (2010), espécies de *Trichoderma* podem promover aumentos de até 300% no crescimento de plantas. Para Harman et al. (2004), a interferência desse fungo no desenvolvimento de plantas e no aumento de produtividade, ocorre devido a sua capacidade em colonizar as raízes. O teste de colonização endofítica revelou que *T. virens* e *T. harzianum* são capazes de colonizar as raízes de mudas de eucalipto (CARVALHO FILHO et al.,



2008), também verificaram a colonização de dois isolados de *T. harzianum* e um de *T. asperellum* apenas nas raízes de mudas de eucalipto (clone GG100). Entretanto, alguns estudos demonstram que o *Trichoderma* também é capaz de colonizar a parte aérea de plantas, como *Theobroma cacao* (BAILEY et al., 2009) e *Hevea* spp. (CHAVERRI et al., 2011).

O uso do *Trichoderma* mostrou ser uma alternativa promissora a ser adotada no processo produtivo dos viveiros florestais, uma vez que o mesmo é capaz de promover o desenvolvimento de mudas, como constatado no presente trabalho. A capacidade de solubilização de fosfato foi relatada para algumas espécies de *Trichoderma* (CHAGAS et al., 2015). As espécies de *Trichoderma* estão sempre associadas à colonização de raiz e que muitas vezes proporcionam o aumento, o crescimento e o desenvolvimento das raízes de plantas, assim facilitando a absorção e utilização de nutrientes e aumento da resistência ao estresse abióticos seguidos da produtividade das culturas (CHAGAS et al., 2015; 2016).

O *Trichoderma* apresentou em estudos um potencial como promotor de crescimento em plantas (BONONI et al., 2020), demonstrando bons resultados em espécies vegetais como eucalipto e em culturas como tomate, trigo e soja (LI et al., 2015; BONONI et al., 2020; CHAGAS JUNIOR et al., 2021; CHAGAS JUNIOR et al., 2022). O *Trichoderma*, na ausência de fitopatógenos, atuam na produção de fitormônios da classe das auxinas e giberilinas promovendo uma melhor interação com as raízes e o aumento do processo caulinar através do alongamento celular, favorecendo o crescimento de raízes laterais, adventícias e o crescimento da massa foliar. Além disso proporciona melhoria na assimilação de água e nutrientes, devido ao aumento da exploração do solo pelas raízes, aumento da taxa fotossintética e melhorias na arquitetura vegetal. Assim, os benefícios do uso destes micro-organismo são percebidos por meio do aumento da matéria seca, folhas e caule das plantas inoculadas, resistência a fatores de estresse biótico e abiótico, benefícios no crescimento de frutos e desenvolvimento inicial de plântulas além de diminuir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada, e muitas vezes excessiva de insumos e agrotóxicos na agricultura. Esse fungo pode influenciar beneficemente na germinação de sementes, desenvolvimento radicular, no desenvolvimento da cultura e rendimento de grãos (WOO et al., 2014; CHAGAS JUNIOR et al., 2021; CHAGAS JUNIOR et al., 2022), devido principalmente à sua capacidade de solubilização do fósforo e síntese do hormônio ácido indol acético (CHAGAS et al., 2017; BRAGA JUNIOR, 2019; BONONI et al., 2020).

A produção de mudas florestais tem aumentado devido ao imenso uso em plantio comercial, que também têm sido usadas para a recuperação de áreas degradadas. Com o aumento dessa demanda viu-se a necessidade de encontrar novas tecnologias para acelerar o crescimento e reduzir os gastos com uso de insumos durante o cultivo. Os estimulantes químicos contêm somente o controle temporário o que se faz necessário aplicações repetidas durante o crescimento da cultura. Bioestimulantes a base de microrganismos é capaz de se estabelecer, colonizar e reproduzir no solo (SUASSUNA et al., 2019).



Assim, o uso de microrganismos promotores de crescimento vegetal, tal como os *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum* proporcionam resultados significativos no aumento de biomassa de mudas florestais como o *Eucalyptus urograndis*, demonstrando ser uma tecnologia eficiente para a formação de mudas florestais.

Conclusão

A inoculação de *Bacillus subtilis* Bs08, *Bacillus subtilis* Bs10 e *Trichoderma harzianum* UFT-25 ao substrato proporcionou efeito positivo no acúmulo de biomassa de mudas de *Eucalyptus urograndis*, evidenciando estes microrganismos como promotores de crescimento para esta espécie florestal.

Referências

- ARAUJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.456-462, 2008.
- ARAUJO, F. F.; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de *Meloidoginose* na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, p.52-60, 2012.
- AZARMI, R.; HAJIEGHRARI, B.; GIGLOU, A. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology*, v.10, p.5850-5855, 2011.
- BAILEY, B. A.; STREM M. D.; WOOD, D. *Trichoderma* species form endophytic associations within *Theobroma cacao* trichomes. *Mycological Research*, v.113, p.1365-1376, 2009.
- BONONI, L.; CHIARAMONTE, J. B.; PANSA, C. C.; MOITINHO, M. A.; MELO, I. S. Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, v.10, p.1-13, 2020.
- BRAGA JUNIOR, G. M. Bioprospecção e eficiência de *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento vegetal na cultura da soja. 160f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, 2019.
- BROTMAN, Y.; KAPUGANTI, J. G.; VITERBO, A. *Trichoderma*. *Current Biology*, v.20, p.R390-R391, 2010.
- BRUNETTA, J. M. F. C.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; GOMES, J. M.; BINOTI, D. B.; FONSECA, E. P. Isolamento e seleção de rizobactérias promotoras do crescimento de *Pinus taeda*. *Revista Árvore*, v.34, p.399-406, 2010.
- CARVALHO FILHO, M. R.; MELLO, S. C. M.; SANTOS, R. P.; MENÊZES, J. E. Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético *in vitro* e colonização endofítica de mudas de eucalipto. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2008. 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226).
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; COLONIA, B. S. O. Evaluation of the phosphate solubilization potential of *Trichoderma* strains (Trichoplus JCO) and effects on rice biomass. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.15, p.794-804, 2015.



- CHAGAS, L. F. B.; CASTRO, H. G.; COLONIA, B. S. O.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS JUNIOR, A. F. Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. *Brazilian Journal of Botany*, v.39, p.437-445, 2016.
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; CASTRO, H. G. Phosphate solubilization capacity and indole acetic acid production by *Trichoderma* strains for biomass increase on basil and mint plants. *Brazilian Journal of Agriculture*, v.92, n.2, p.176-185, 2017.
- CHAGAS JÚNIOR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; SANTOS, G. R.; REIS, A. F. B.; CHAGAS, L. F. B. Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp. no cerrado. *Revista Caatinga*, v.27, p.190-199, 2014.
- CHAGAS JUNIOR A. F.; CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L.; COLONIA, B. S. O.; OLIVEIRA, R. S. Soybean productivity with *Trichoderma asperellum* seed treatment in different regions of the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.16, e1171, 2021.
- CHAGAS JUNIOR A. F.; SOUSA, M. C.; MARTINS, A. L. L.; LIMA, C. F.; SOUSA, K. A. O.; SANTANA, P. A. A. C. P.; LOPES, M. B.; CHAGAS, L. F. B. Eficiência de *Trichoplus (Trichoderma asperellum)* como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado. *Research, Society and Development*, v.11, e16111527970, 2022.
- CHÁVEZ, D.; PEREIRA, G.; MACHUCA, A. Estimulación del crecimiento en plántulas de *Pinus radiata* utilizando hongos ectomicorrícicos y saprobios como biofertilizantes. *Bosque*, v.35, p.57-63, 2014.
- CHAVERRI, P.; GAZIS, R. O.; SAMUELS, G. J. *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin. *Mycologia*, v.103, p.139-151, 2011.
- COELHO, R. I.; CARVALHO, A. J. C.; MARINHO, C. S.; LOPES, J. C.; PESSANHA, P. G. O. Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.29, p.161-165, 2007.
- CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore*, v.30, p.207-214. 2006.
- FORTES, F. O.; SILVA, A. C. F.; ALMANÇA, M. A. K.; TEDESCO, S. B. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. *Revista Árvore*, v.31, p.221-228, 2007.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITEBERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, v.2, p.43-56, 2004.
- HARTHMANN, O. E. L.; MÓGOR, A. F.; FILHO, J. A. W. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. *Ciência Rural*, v.40, p.432-435, 2010.



- BRENNER, D. J.; KRIEG, N. R.; STALEY, J. T.; GARRITY, G. M.; BOONE, D. R.; VOS, P.; GOODFELLOW, M.; RAINEY, F. A.; SCHLEIFER, K. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 721p. New York: Springer. 2005.
- HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Genetic and metabolic biodiversity of *Trichoderma* from Colombia and adjacent neotropic regions. *Fungal Genetics and Biology*, v.46, p.615-631, 2009.
- LAFETÁ, B. O. Assepsia de explantescaulinares de eucalipto com fungicida sistêmico. Ministério da Educação – Brasil. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Minas Gerais – Brasil. *Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas*, 2015.
- LI, R.; CAI, F.; PANG, G.; SHEN, Q.; LI, R.; CHEN, W. Solubilization of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. *Plos One*, v.10, e0130081, 2015.
- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: O fungo e o bioagente. *Revista de Ciências Agrárias*, v.35, p.274-288, 2012.
- MACHADO, D. F. M.; TAVARES, A. P.; LOPES, S. J.; SILVA, A. C. F. *Trichoderma* spp. na emergência e crescimento de mudas de cambará (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera). *Revista Árvore*, v.39, p.167-176, 2015.
- MACIEL, C. G.; WALKER, C.; MUNIZ, M. F. B.; ARAUJO, M. M. Antagonismo de *Trichoderma* SPP. e *Bacillus subtilis* (UFV3918) a *Fusarium sambucinum* em *Pinus elliottii* engelm. *Revista Árvore*, v.38, p.505-512, 2014.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. *Revista Árvore*, v.29, p.843-851, 2005.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; TEIXEIRA, D. A.; ZAUZA, E. A. V. Indução do enraizamento e crescimento do eucalipto por rizobacterias: efeito da adição de fonte alimentar e da composição do substrato de enraizamento. *Revista Árvore*, v.31, p.589-597, 2007.
- MARQUES, E.; UESUGI, C. H. Avaliação de bactérias extremófilas facultativas na produção de fitomassa do híbrido "urograndis" de eucalipto, a partir de sementes. *Revista Árvore*, v.37, p.41-47, 2013.
- MOREIRA, A. L. L. E.; ARAÚJO, F. F. Bioprospecção de isolados de *Bacillus* spp. como potenciais promotores de crescimento de *Eucalyptus urograndis*. *Revista Árvore*, v.37, p.933-943, 2013.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L. E.; MCMAHON, T. A. Mapa mundial atualizado da classificação climática de Köppen-Geiger. *Hydrol. Sistema Terra. Sci.*, v.11, p.1633-1644, 2007.
- PROMWEE, A.; ISSARAKRAISILA, M.; CHAMSWARNG, C.; YENJIT, P. Phosphate solubilization and growth promotion of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) by *Trichoderma* strains. *Journal of Agricultural Science*, v.6, p.8-20, 2014.



- RAASCH, L. D.; BONALDO, S. M.; OLIVEIRA, A. A. F. *Bacillus subtilis*: enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso. *Bioscience Journal*, v.29, p.1446-1457, 2013.
- OLIVEIRA, R. S.; MARTINS, A.; MARTINS, A. L. L.; NUNES, H. V.; NUNES, B. H. N.; CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JÚNIOR, A. F. Biocontrol in vitro of *Trichoderma* spp. for pathogens *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, and *Curvularia luneta*. *Revista de Ciências Agrárias*, v.44, p.58-67, 2021.
- SANTOS, H. A.; MELLO, S. C. M.; PEIXOTO, J. R. Associação de isolados de *Trichoderma* spp. e ácido indol-3- butírico (AIB) na promoção de enraizamento de estacas e crescimento de maracujazeiro. *Bioscience Journal*, v.26, p.966-972, 2010.
- SHANMUGAIAH, V.; BALASUBRAMANIAN, N.; GOMATHINAYAGAM, S.; MANOHARAN, P. T.; RAJENDRAN, A. Effect of single application of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth cotton plants. *African Journal of Agricultural Research*, v.4, p.1220-1225, 2009.
- SILVA, V. N.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1609-1618, 2011.
- SINGH, V.; SINGH, P. N.; YADAV, R. L.; AWASTHI, S. K.; JOSHI, B. B.; SINGH, R. K.; LAL, R. J.; DUTTAMAJUMDER, S. K. Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. *Journal of Horticulture and Forestry*, v.2, p.66-71, 2010.
- STEWART, A.; HILL, R. Applications of *Trichoderma* in plant growth promotion. In: GUPTA, V. K.; SCHMOLL, M.; HERRERA-ESTRELLA, A.; UPADHYAY, R. S.; DRUZHININA, I.; TUOHY, M. G. *Biotechnology and biology of Trichoderma*. Boston: Elsevier USA, 415-428, 2014.
- SUASSUNA, N. D.; SILVA, J. C.; BETTIOL, W. Uso do *Trichoderma* na cultura do algodão. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa. p. 361-379, 2019.
- TEIXEIRA, D. A.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R.; FERREIRA, M. A.; SIQUEIRA, L.; MAFIA, L. A.; MOUNTEER, A. Rhizobacterial promotion of eucalypt rooting and growth. *Brazilian Journal of Microbiology*, v.38, p.118123, 2007.
- WOO, S. L.; RUOCCO, M.; VINALE, F.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; PASCALE, A.; LANZUISE, S.; MANGANIELLO, G.; LORITO, M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. *The Open Mycology Journal*, v.8, p.71-126, 2014.



Capítulo IV

AVALIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA UTILIZANDO KRIGAGEM

Paulo Roberto Megna Francisco

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

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

Viviane Farias Silva

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

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

Djail Santos

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

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

George do Nascimento Ribeiro

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

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

Gypson Dutra Junqueira Ayres

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

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

Raimundo Calixto Martins Rodrigues

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, calixto_80@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8437-7857>



Introdução

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária do Estado da Paraíba (COSTA NETO et al., 2015).

A região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano. Assim, a região Nordeste do Brasil é considerada como uma região anômala no que se refere à distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo do ano (SOUZA et al., 1998).

Embora possam ser influenciadas por diferentes fenômenos atmosféricos, de origem e formação diversas, as chuvas no Estado da Paraíba estão relacionadas com as Frentes de Umidade transportadas pelos ventos Alísios de Nordeste (ANE), e de Sudeste (ASE), com distribuição influenciada pelas variações termodinâmicas impostas pelo efeito da continentalidade e da ocorrência e disposição do relevo (MOLION & BERNARDO, 2002; FERREIRA & MELLO, 2005).

Nesse aspecto, o estudo do comportamento espacial de elementos climáticos, como a precipitação, a temperatura e umidade do ar são ferramentas essenciais ao planejamento agrícola e podem ser melhor visualizadas quando mapeadas (SILVA et al., 2010).

Na atualidade, com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, ficou mais fácil e barato, realizar trabalhos visando à gestão dos recursos naturais (DUARTE & BARBOSA, 2009). Conforme Jakob (2002), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações.

A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio 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 espacialmente 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).

Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação pluviométrica e seu mapeamento da região do médio curso do rio Paraíba utilizando krigagem.

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).

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) (Figura 2).

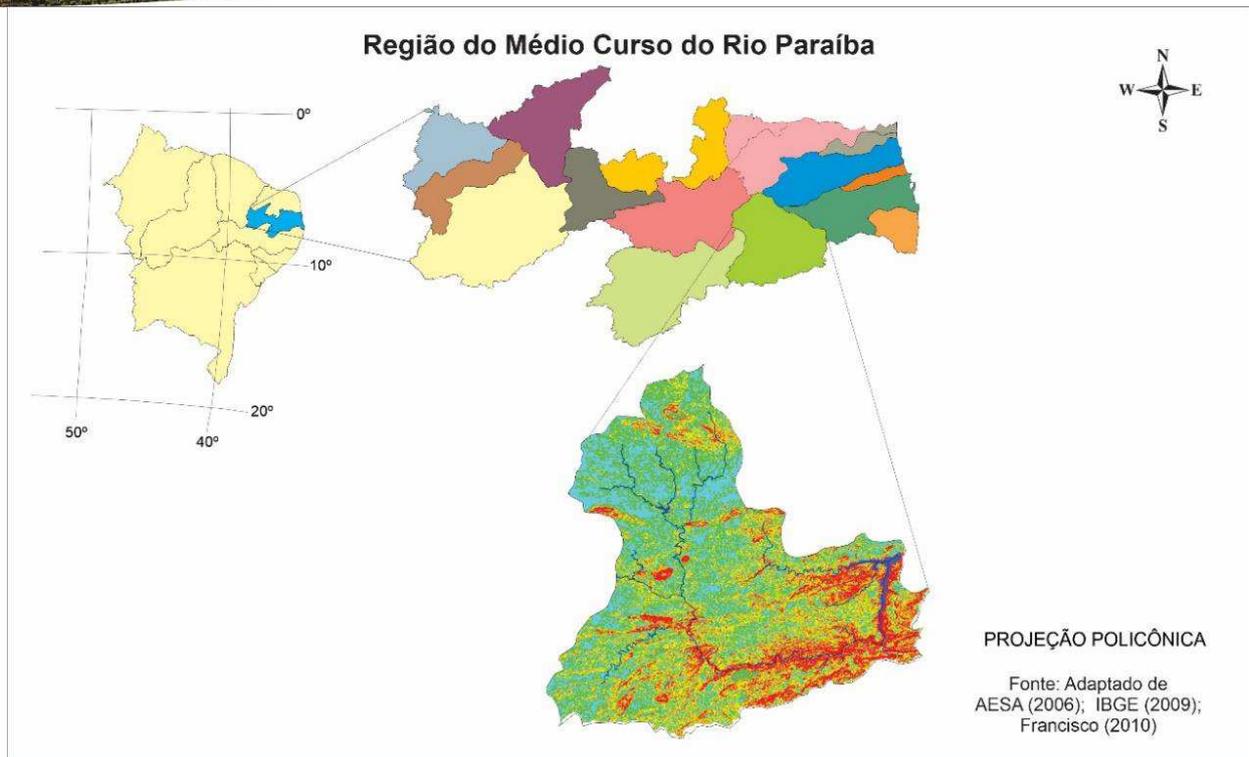


Figura 1. Localização da área de estudo e declividade.

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

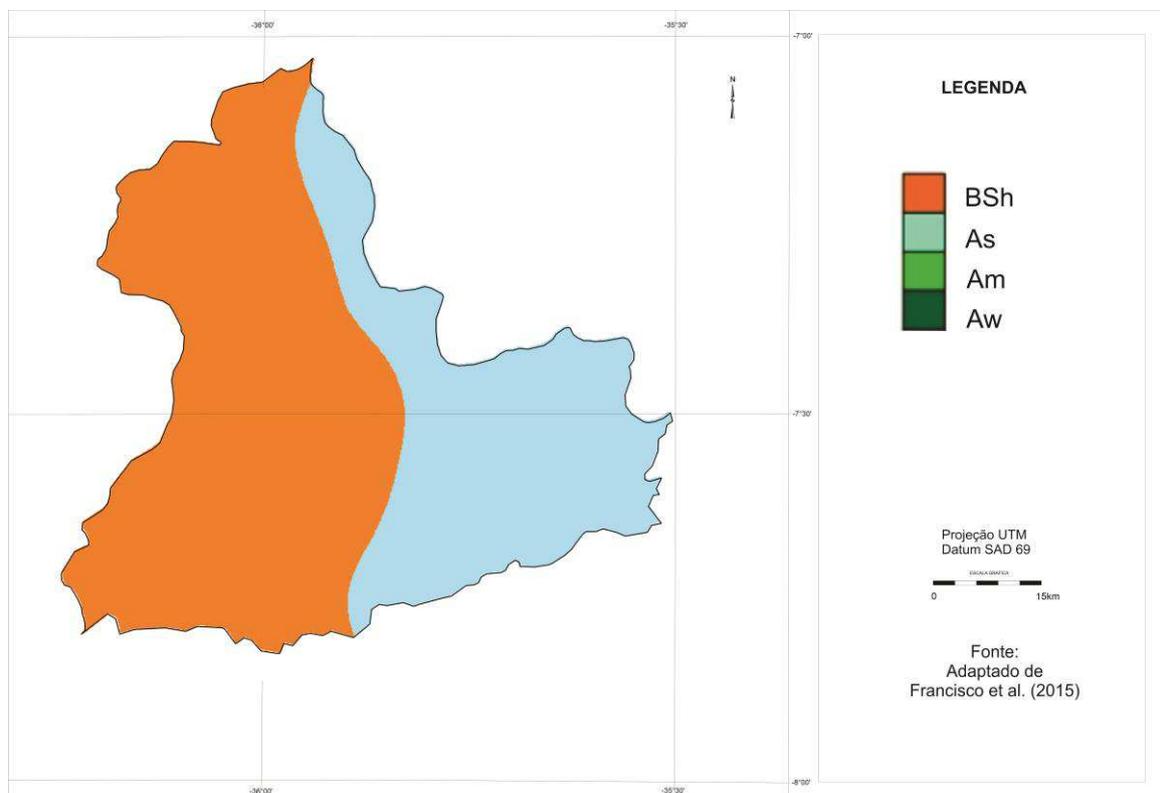


Figura 2. Mapa da classificação climática de Köppen na área de estudo.

Fonte: adaptado de Francisco et al. (2015).



Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), para o período de 109 anos entre 1912 a 2021.

Na metodologia utilizou-se dados obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990), posteriormente em 1992 a Rede Pluviométrica foi repassada ao Estado da Paraíba para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs-PB), realizou-se as junções das referidas séries e selecionando-se os postos que possuíam 30 ou mais anos de observações. Tal fato da escolha é para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos são amplos, conforme distribuição espaço-temporal.

A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município), além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985.

Na metodologia utilizada foi elaborada uma planilha eletrônica e elaborado o cálculo de pluviosidade. O mapa elaborado foi especializado utilizando o software Surfer® 9.0 Trial pelo método estatístico de interpolação da krigagem para determinar a média, desvio padrão e coeficiente de variação, e após o mapa recortado utilizando os limites da bacia.

O estimador da krigagem é obtido, segundo Matheron (1963), de acordo com a Equação 1.

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(X_i) \text{ (Eq.1)}$$

Onde: $Z^*(X_0)$ é o atributo da variável estimado no ponto; λ_i são os ponderadores de krigagem; $Z(X_i)$ é o valor observado da variável Z no i-ésimo ponto.

Para a krigagem ser ordinária deve-se satisfazer a condição de que:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Os ponderadores são obtidos pela resolução de um sistema de equações lineares do tipo $AX=B$, denominado sistema de krigagem, de acordo com Rocha et al. (2007) pode ser escrito como segue pela Equação 2.



$$\begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_1) & \cdots & \gamma(x_1; x_n) & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_n; x_1) & \cdots & \gamma(x_n; x_n) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_0) \\ \vdots \\ \gamma(x_n; x_0) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: $\gamma(x_n; x_n)$ é a variância espacial da n-ésima amostra com relação a ela mesma; μ é o Multiplicador de Lagrange; e $\gamma(x_n; x_0)$ é a variância espacial entre a n-ésima amostra e o ponto x_0 que será estimado.

Resultados e Discussão

Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum da pluviosidade a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos que tal procedimento acarretaria, devido à diferença de início da operação destes postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a vinte anos, foi considerado para o período disponível, independente do início. Francisco et al. (2016) utilizando o mesmo procedimento obtiveram resultado similar a este trabalho.

Na Tabela 1 observam-se os dados de precipitação média mensal e anual de postos da área de estudo, para um período mínimo de trinta anos de observação.

Na Figura 3 apresenta-se a distribuição temporal da precipitação média anual na região de estudo onde se observa variabilidade espacial de precipitação em que as chuvas se concentram no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área. Os valores variam de 385,3 a 1.077,9mm em Pocinhos ao Norte da bacia e em Natuba ao Leste, respectivamente.

De acordo com Francisco et al. (2015), estes valores mais elevados em áreas isoladas, onde tais elevações devem-se aos fatores atuantes na atmosfera como a baixa intensidade dos raios solares, e alta cobertura de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica. Os mesmos autores, ainda relatam que nesta região de estudo, o período das chuvas inicia-se em março e estende-se até junho que é o mês de maior precipitação. Resultados similares ao encontrado por este estudo.



Tabela 1. Precipitação média mensal e anual em milímetros (mm)

Município	Série (anos)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Aroeiras	47	41,2	41,8	79,7	93,4	72,7	83,7	85,1	41,2	19,6	7,6	8,3	26,4	600,9
Alcantil	54	74,0	95,4	144,2	150,3	131,7	142,8	127,8	77,8	38,8	16,7	22,9	32,1	1.054,5
Barra de Santana	50	20,8	43,7	80,8	100,4	55,3	60,5	57,7	23,5	13,7	7,6	5,8	13,1	483,0
Barra de São Miguel	58	33,1	55,4	84,5	86,1	44,2	45,0	32,0	13,6	6,9	5,6	3,2	14,9	424,6
Boa Vista	97	26,0	35,2	82,3	69,4	58,7	53,0	45,9	19,2	5,5	6,6	4,3	9,4	416,3
Boqueirão	48	41,5	49,7	74,6	86,5	51,8	62,5	53,3	24,2	12,0	5,3	8,8	14,0	484,2
Campina Grande	98	55,3	47,7	91,8	141,8	104,7	112,7	154,0	58,8	48,7	17,4	13,2	29,3	875,4
Caturité	28	102,5	109,7	163,2	162,4	107,8	53,7	34,5	15,3	2,6	9,5	14,1	25,0	800,2
Fagundes	58	44,7	61,6	114,3	122,1	120,9	142,9	149,2	77,4	41,0	15,6	13,7	26,7	930,3
Gado Bravo	61	32,8	49,8	89,6	115,1	82,7	85,1	94,1	39,7	26,5	9,3	7,1	19,1	650,9
Itatuba	30	48,4	55,9	82,2	69,2	94,5	123,6	90,0	51,1	20,6	5,1	9,0	16,5	666,0
Montadas	30	47,9	40,1	40,5	64,6	61,4	96,4	80,2	42,7	20,3	8,6	8,3	8,6	519,5
Natuba	30	62,1	77,1	97,0	112,9	137,5	192,9	157,8	108,2	56,0	24,5	26,5	25,4	1.077,9
Pocinhos	87	20,0	35,2	64,3	68,9	51,5	51,4	48,7	18,7	9,8	5,2	3,5	8,1	385,3
Puxinanã	34	35,2	54,9	61,2	75,0	80,1	121,5	98,9	67,4	29,8	8,6	7,2	17,8	657,7
Queimadas	79	22,2	41,3	80,9	78,4	62,5	69,7	60,7	29,1	10,2	5,8	5,7	12,2	478,7
Riacho de Sto. Antônio	30	33,4	46,5	76,7	85,0	36,6	39,8	32,8	14,9	6,2	4,4	4,9	16,3	397,4
Santa Cecília	27	30,5	50,2	88,5	106,4	78,1	88,0	91,2	42,6	22,0	8,8	8,1	16,7	631,1
Umbuzeiro	100	39,0	48,2	82,1	97,0	115,8	136,2	123,9	69,5	34,0	10,9	13,5	23,0	793,1
Média	54	42,7	54,7	88,3	99,2	81,5	92,7	85,2	43,9	22,3	9,6	9,9	18,7	648,8

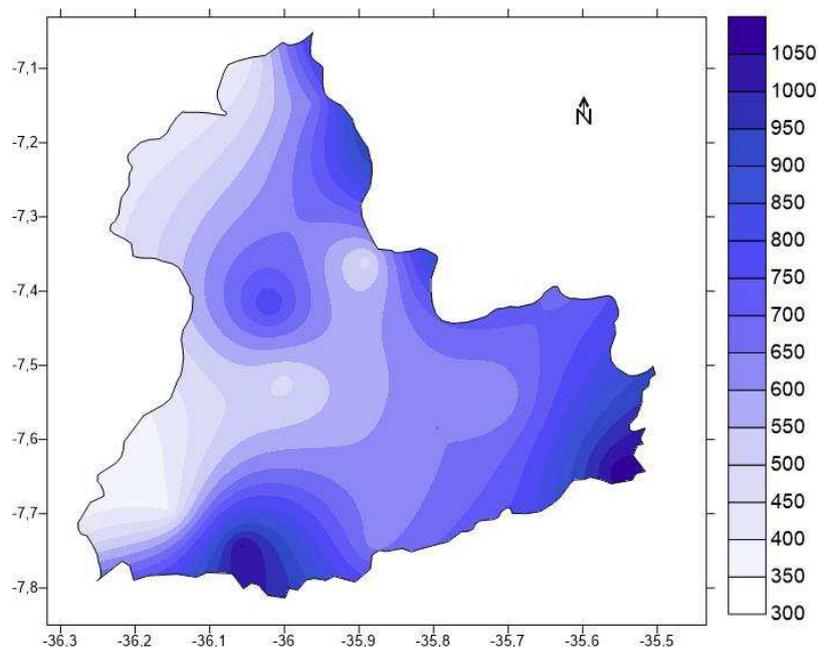


Figura 3. Pluviosidade média anual de 109 anos.



Conforme PARAÍBA (2006), os dados pluviométricos indicam que a região apresenta precipitação média anual variando entre 600 e 1.100mm, com valores decrescentes de leste para oeste. A umidade relativa do ar na região varia de 68 a 85%, com os valores máximos ocorrendo entre os meses de junho a agosto, e os mínimos, de novembro a janeiro.

De acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações mensais (Figura 4), pode-se observar a alta variabilidade da precipitação, tanto espacial como temporal. No mês de janeiro observam-se chuvas menos significativas e de formas isoladas nos municípios de Caturité, Alcantil e Natuba localizados ao centro da bacia, sul e leste, respectivamente, com valores mínimos de 20mm e máximos de 102,48mm. No mês de fevereiro esta distribuição mantém o mesmo padrão do mês de janeiro, com maiores valores mínimos de 35,16mm e máximos de 109,66mm.

Os meses de março e abril apresentam-se mais homogêneos com maior pluviosidade mínima de 61,15mm alcançando valores máximos de 163,2mm; e os meses de maio à junho têm-se os maiores totais e que se distribuem por toda a bacia atingindo a 192,86mm.

Araújo et al. (2007) afirmam que para a sub-bacia do médio Paraíba, o máximo pluviométrico ocorre no mês de abril com aproximadamente 87 mm, seguido pelos demais meses que compõem a quadra chuvosa. Resultado similar a este trabalho.

O mês de julho na região central da bacia, áreas mais altas, os valores de precipitação diminuem com mínimo de 32,02mm e máximo de 166,96mm ao leste da bacia.

No mês de agosto os valores de precipitação decaem até dezembro onde é considerado o mês mais seco, onde as chuvas ocorrem de forma isolada com predominância na região leste da bacia.

Medeiros et al. (2015), afirmam que os menores índices pluviométricos registrados foram para os municípios de Aroeiras com 600,9 mm.ano⁻¹; Montadas 519,5 mm.ano⁻¹; Queimadas 478,5 mm.ano⁻¹; Barra de Santana 483 mm.ano⁻¹; e Pocinhos 385,3 mm.ano⁻¹ onde essas variabilidades são decorrentes dos sistemas meteorológicos de grandes escalas atuantes nos referidos locais.

Francisco et al. (2016), concluíram que a distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado com menores valores em torno de 300 a 500mm.

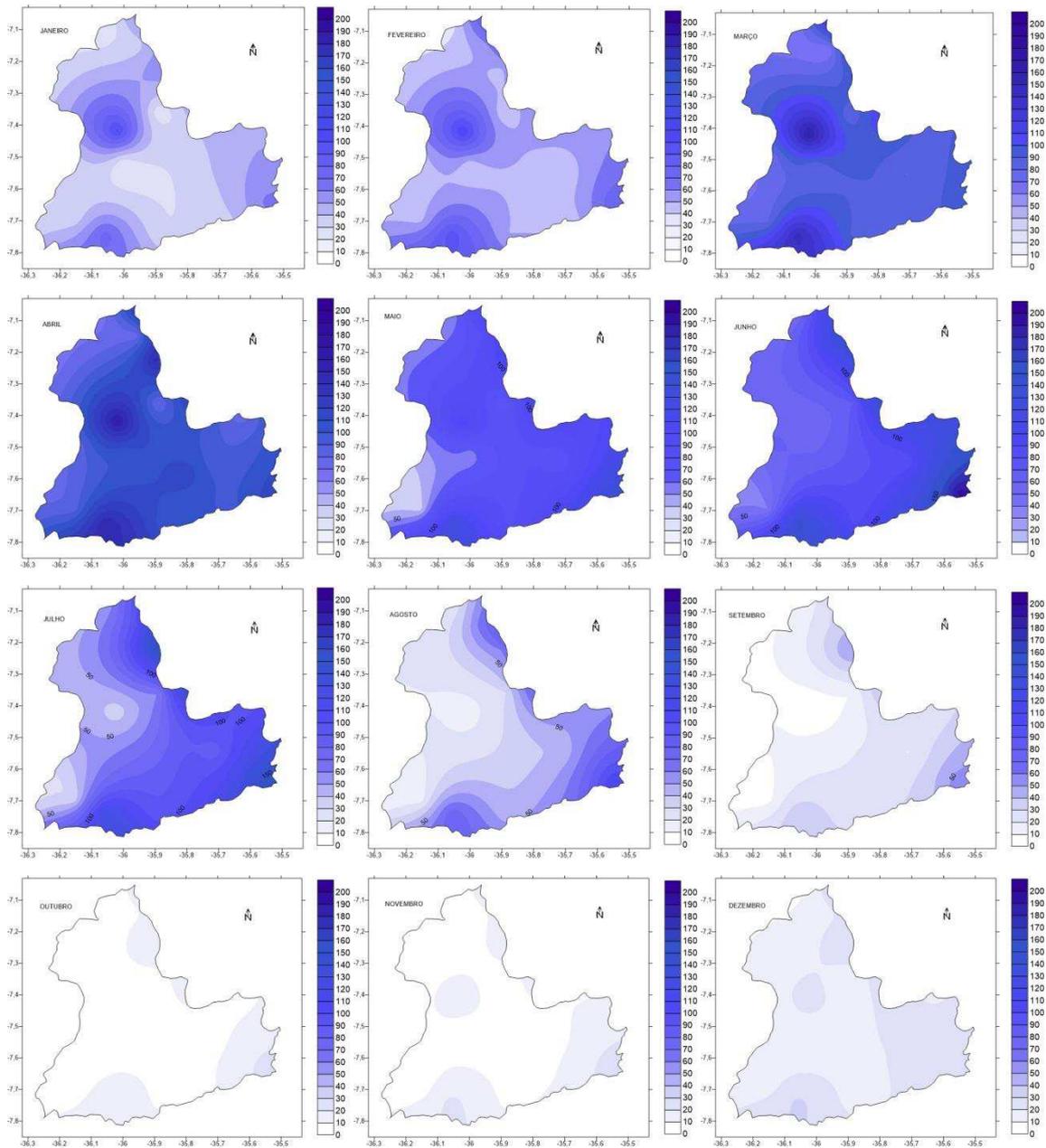


Figura 4. Pluviosidade mensal média de 109 anos (mm).

O Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um correspondente de fevereiro a maio, regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú, e o outro de abril a julho no Agreste, Brejo e Litoral. Tais regiões homogêneas foram determinadas através de técnicas objetivas de análise multivariada, estendidas por Silva (1996).

Na Tabela 2 têm-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da precipitação para a área de estudo onde se observam que as oscilações da precipitação



mínima mensal fluem entre 2,63 a 62,95mm, a precipitação máxima oscila entre 24,47 a 192,86mm, e a precipitação média apresenta uma flutuação entre 11,41 a 109,35mm.

Tabela 2. Variabilidade estatística dos parâmetros

Mês	Pluviosidade (mm)						Coeficiente Variância
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	
Janeiro	20,00	41,54	102,48	47,17	19,82	392,95	0,42
Fevereiro	35,16	54,94	109,66	61,03	20,00	400,14	0,32
Março	61,15	84,51	163,20	97,70	27,00	729,33	0,27
Abril	62,95	104,76	162,35	109,35	29,30	858,88	0,26
Maio	36,55	94,50	138,15	93,56	31,61	999,52	0,33
Junho	39,76	112,70	192,86	106,40	42,47	1.804,24	0,39
Julho	32,02	91,87	166,96	97,12	41,40	1.689,71	0,42
Agosto	13,63	51,10	110,26	53,80	28,17	794,00	0,52
Setembro	2,63	24,58	55,99	26,06	14,37	206,54	0,55
Outubro	4,37	9,48	24,47	11,41	5,46	29,89	0,47
Novembro	3,16	13,20	26,54	12,44	6,58	43,38	0,52
Dezembro	8,11	22,05	32,13	21,44	6,96	48,51	0,32

Observa-se que a maior desvio padrão ocorre na estação chuvosa no mês de junho com o valor de 42,47 ocorrendo conjuntamente à maior variância de 1.804,24. O mês de setembro ocorre o maior coeficiente de variância em 0,55 e menor valor em março em estação seca com valor de 0,27.

Com relação à variabilidade entre os meses observa-se por meio das caixas interquartílicas do gráfico boxplot que o mês de julho apresenta menor variabilidade (Figura 5g).

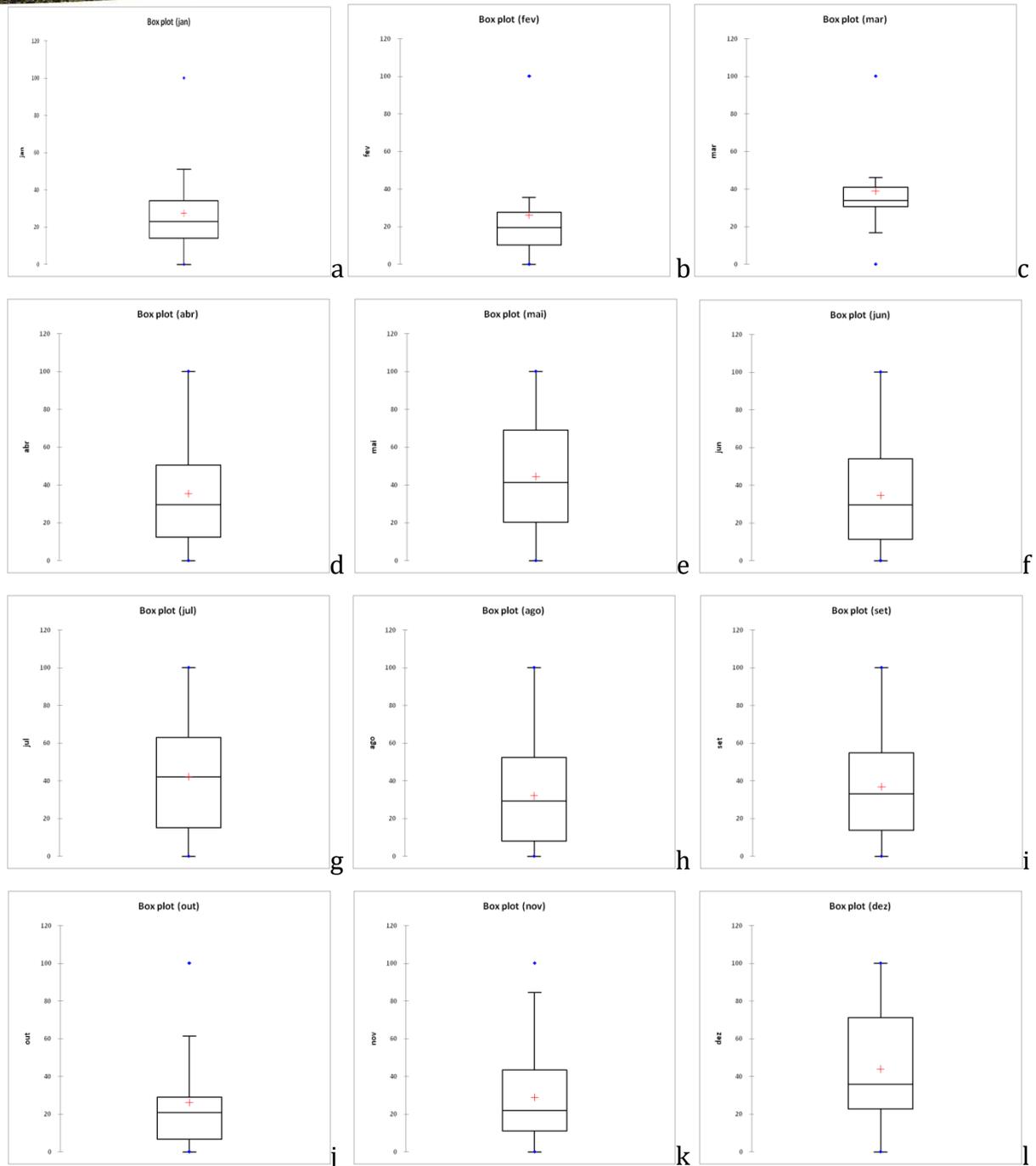


Figura 5. Boxplot da pluviosidade mensal média (mm).

Francisco e Santos (2017), observaram que os valores médios mensais da precipitação se concentram na estação do outono; além da contribuição da orografia, apresenta um acréscimo na pluviosidade no sentido oeste/leste em todo o decorrer do ano, onde o período das chuvas inicia-se em março e estende-se até junho, que é o mês de maior precipitação. Resultado similar a este estudo.



Chaves et al. (2021) afirmam que, o terço médio do Estado é considerada a região com mais baixa precipitação e sua média anual varia entre 350 a 750mm, e as chuvas são irregulares e intempestivas. Região onde a umidade é transportada pelos ventos Alísios de Nordeste e chega à região pelo Litoral, ou com maior intensidade e frequência, pelos contrafortes ocidentais do Planalto, a partir do arraste convectivo do aquecimento da região. Já a umidade do Atlântico trazida pelos ventos Alísios de Sudeste sofre depleção pelo efeito orográfico, tanto na região do Brejo Paraibano formando a sotavento as regiões semiáridas do Cariri Oriental e Curimataú, núcleos mais secos do Estado, como na linha de serra que é fronteira com Pernambuco, divisor das bacias dos rios Capiberibe e Paraíba, formando as regiões do Agreste Acaatingado e do Cariri do Paraíba, respectivamente.

Ainda Chaves et al. (2021), afirmam que no terço leste do Estado, o clima é do tipo As' onde o período chuvoso começa em março com a atuação da Zona de Convergência Inter Tropical, com chuvas intempestivas, e tem o seu máximo em junho e julho, com atuação de um ramo da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a costa do Nordeste (MOLION & BERNARDO, 2002), com chuvas mais constantes, de menor intensidade e de longa duração. A precipitação média anual chega a alcançar os 1.800mm, no Litoral Sul e decresce para o interior pelo efeito da depressão sublitorânea (região do Agreste Acaatingado), voltando a aumentar nos contrafortes do Planalto da Borborema, formando as regiões úmidas do Brejo e Serrana (CHAVES et al., 2021).

Pelo Teste de normalidade observa-se que a distribuição apresenta-se regular nos meses de abril, maio e junho (Figura 6e, d e f).

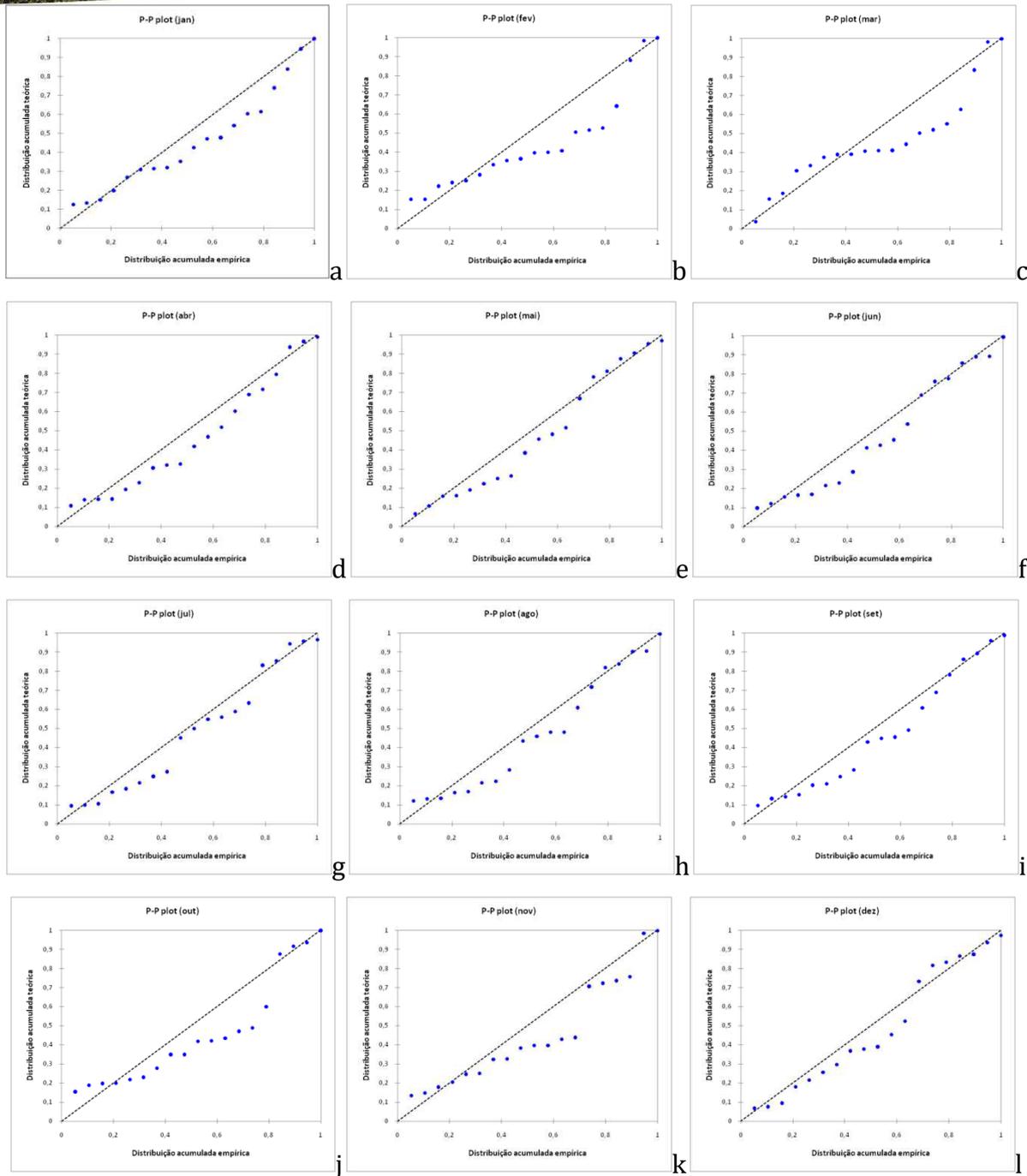


Figura 6. Boxplot da distribuição acumulada da pluviosidade (mm).

Araújo et al. (2007), observaram para região do médio Paraíba, que o período de abril a junho corresponde à quadra chuvosa, e a quadra menos chuvosa vai de setembro a dezembro, e o máximo pluviométrico ocorreu no mês de abril com aproximadamente 87mm, seguido pelos demais meses que compõem a quadra chuvosa.



Conclusão

A distribuição temporal da precipitação média anual apresentou variabilidade espacial em que as chuvas se concentraram no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área.

Nos meses de janeiro e fevereiro as chuvas foram menos significativas e de formas isoladas, março e abril apresentaram-se mais homogêneos com maior pluviosidade; maio à junho tiveram os maiores totais distribuídos por toda a bacia, em julho os valores de precipitação diminuíram na região central da bacia, áreas mais altas, em agosto os valores de precipitação decaem até dezembro onde é considerado o mês mais seco, onde as chuvas ocorrem de forma isolada com predominância na região leste da bacia.

O maior desvio padrão e a maior variância ocorreram na estação chuvosa no mês de junho, em setembro ocorreu o maior coeficiente de variância, e a menor variabilidade ocorreu em julho.

Referências

- ARAÚJO, L. E. DE; SILVA, D. F. DA; MORAES NETO, J. M. DE; SOUSA, F. DE A. S. DE. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. *Revista de Geografia*, v.24, n.1, p.47-59, 2007.
- BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). *Geomática: modelos e aplicações ambientais*. Brasília: Embrapa. p.193-234. 2007.
- CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; MACÊDO, M. L. A. DE. Precipitação e erosividade das chuvas do Estado da Paraíba. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, 6, 2021, Goiânia. Anais...Goiânia, 2021.
- COSTA NETO, F. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; MENEZES, H. E. A.; COSTA, R. O. DA. Balanço hídrico para cidade de Olivedos–PB, Brasil. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, Fortaleza, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. *Revista Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p.168-189, 2009.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.1, n.1, p.15-18, 2005.



- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 98f. 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, p.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.; SANTOS, D. *Climatologia do Estado da Paraíba*. 1ª ed. EDUFCG: Campina Grande, 2017. 75p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- 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.
- MATHERON, G. *The theory of regionalized variables and its applications*. Paris, Le Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique de Fontainebleu, 1971. 211p.
- MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; MATOS, R. M. DE; SANTOS, D.; SABOYA, L. M. F. Diagnósticos das Flutuações Pluviométricas no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1017-1027, 2015.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.17, n.1, p.1-10, 2002.
- 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.
- ROCHA, M. M.; LOURENÇO, D. A.; LEITE, C. B. B. Aplicação de krigagem com correção do efeito de suavização em dados de potenciometria da cidade de Pereira Barreto-SP. *Geologia USP*, v.7, p.37-48, 2007.



SILVA DA, S. T. A Influência do El Niño-Oscilação Sul na distribuição espacial da precipitação no estado da Paraíba. 63f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1996.

SILVA, R. M. DA; SILVA, L. P. E; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. *Sociedade & Natureza*, v.2, p.357-372, 2010.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, P. Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de dipolo observados na bacia do atlântico tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.13, p.45-55, 1998.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. Série Pluviometria 2. Recife. 1990.



Capítulo V

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA E USO DAS TERRAS DE ASSENTAMENTO AGRÁRIO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Paulo Roberto Megna Francisco

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

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

Viviane Farias Silva

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

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

Igo Marinho Serafim Borges

*Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,
igomarinho27@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3662-1859>

Dihego de S. Pessoa

*Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande,
UFCG, dihegopessoa@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0001-6954-4610>



Introdução

A concentração de extensões de terras no Brasil vem sendo ampliada com a expansão do setor agropecuário, valorização econômica das terras, e sua distribuição desproporcional evidencia a importância da reforma agrária, assim como a sua implantação com alguns progressos e regressos, como afirmam Souza e Estevan (2021).

Inclusive na política de reforma agrária brasileira para a obtenção da sustentabilidade, existem algumas dificuldades relativas ao uso dos recursos naturais nos assentamentos rurais, sendo constatada a necessidade de realizar um diagnóstico sobre as condições atuais de todos que fazem parte do assentamento e da área com objetivo de tornar a política eficiente (PERONI et al., 2021).

Nos projetos de assentamento agroextrativistas, a atividade econômica predominante é a agricultura que usa como limpeza da terra o corte e queima, para que ocorra o desenvolvimento rural sustentável é necessário que haja uma mudança nas características produtivas dos agricultores (JAKOVAC, 2017).

Os problemas ambientais são agravados com a intensificação da desertificação, principalmente na região semiárida brasileira, como relata Girão (2013), algumas ações antrópicas influenciam diretamente o meio ambiente, como o uso excessivo de espécies florestais para lenha, carvão, além do processo erosivo, salinização dos solos e exploração de essências florestais nativas.

Dessa maneira a análise temporal de imagens de Sensoriamento Remoto quando realizada através de técnicas de processamento digital propicia o reconhecimento de mudanças nas atividades agrícolas e pecuárias, principal fonte de renda da população rural, bem como mudanças nas áreas florestais nativas amparadas pela legislação ambiental (FACCO et al., 2017).

Dada a repetitividade com que as imagens de satélite são adquiridas, é possível reconhecer alterações ocorridas na paisagem de uma região, num dado período de tempo, através da análise da extensão e do tipo de mudanças no uso, como o desmatamento, a expansão urbana e as variações sazonais da vegetação (RIDD & LIU, 1998).

Os estudos da cobertura florestal ou da cobertura e do uso da terra, sua dinâmica e seus impactos vêm sendo estudados nas últimas décadas como exemplo por Fernandes et al. (2015), quanto a região semiárida do Brasil por Silva et al. (2011; 2013; 2014), e por Cunha et



al. (2012), tornando-se uma ferramenta aliada para análise do uso da terra, bem como uma alternativa de averiguar grandes extensões e observar os níveis de degradação.

Na avaliação da mudança espaço-temporal da vegetação semiárida da Paraíba, vários autores vêm estudando este comportamento como Francisco et al. (2012) na bacia do rio Taperoá, Patrício et al. (2013) em Cabaceiras, Gonçalves et al. (2013a; 2013b) em Soledade, Gonçalves et al. (2014a; 2014b) em Esperança e Sumé, Francisco et al. (2013) e Ribeiro et al. (2013; 2014) em Sumé, Barbosa et al. (2021) em bacia hidrográfica do Alto rio Sucuru.

Com o crescente desenvolvimento das aplicações Web destinadas à obtenção e visualização dos dados geoespaciais, bem como a disseminação de bases geográficas, o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomas[®] têm uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2021).

Gomes et al. (2017), Lima et al. (2017) e Almeida et al. (2018) descrevem as aplicações dessa ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos de Petrolândia, Brejinho e do Agreste Pernambuco, e no Estado de Alagoas, Silva et al. (2019) no município de Delmiro Gouveia.

Acresce que há quantidade significativa de testes de normalidade disponíveis na literatura. No entanto, os procedimentos mais comuns de normalidade disponíveis em programas de estatística são os testes Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors, Jarque-Bera, Cramer-von Mises, D'Agostino Pearson, Kolmogorov-Smirnov, entre outros (RAZALI & WAH, 2011).

Assim a estatística descritiva que compreende técnicas que se utiliza para resumir e descrever dados, tem sido prática comum em diversas áreas e com variadas ferramentas, como Francisco et al. (2012) mapeamento a caatinga; Francisco et al. (2016a) na discriminação de cenários pluviométricos; Francisco et al. (2016b) no mapeamento da insolação; e Francisco et al. (2021) no estudo da dinâmica temporal da cobertura e uso da terra.

Nesse contexto, considerando a vegetação, um parâmetro indicador da qualidade ambiental, este trabalho pretende avaliar estatisticamente dados espaço-temporal da



cobertura e uso da terra do assentamento Patativa do Assaré localizado no Sertão Paraibano em região semiárida utilizando série do Mapbiomas entre 1985 a 2020.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o Assentamento Rural Patativa do Assaré criado no ano de 2003, com uma extensão territorial de 2.620,52 ha, localizado entre os municípios de Patos e São José de Espinharas no Sertão do Estado da Paraíba (Figura 1). O ponto central encontra-se na coordenada 6055'30" de latitude sul e 37023'00" de longitude oeste. Está inserido na bacia hidrográfica do rio Espinharas. O assentamento dispõe dos açudes da Lama, Jacobina, dos Paus, da Linha, do Saquinho e do Contorno.

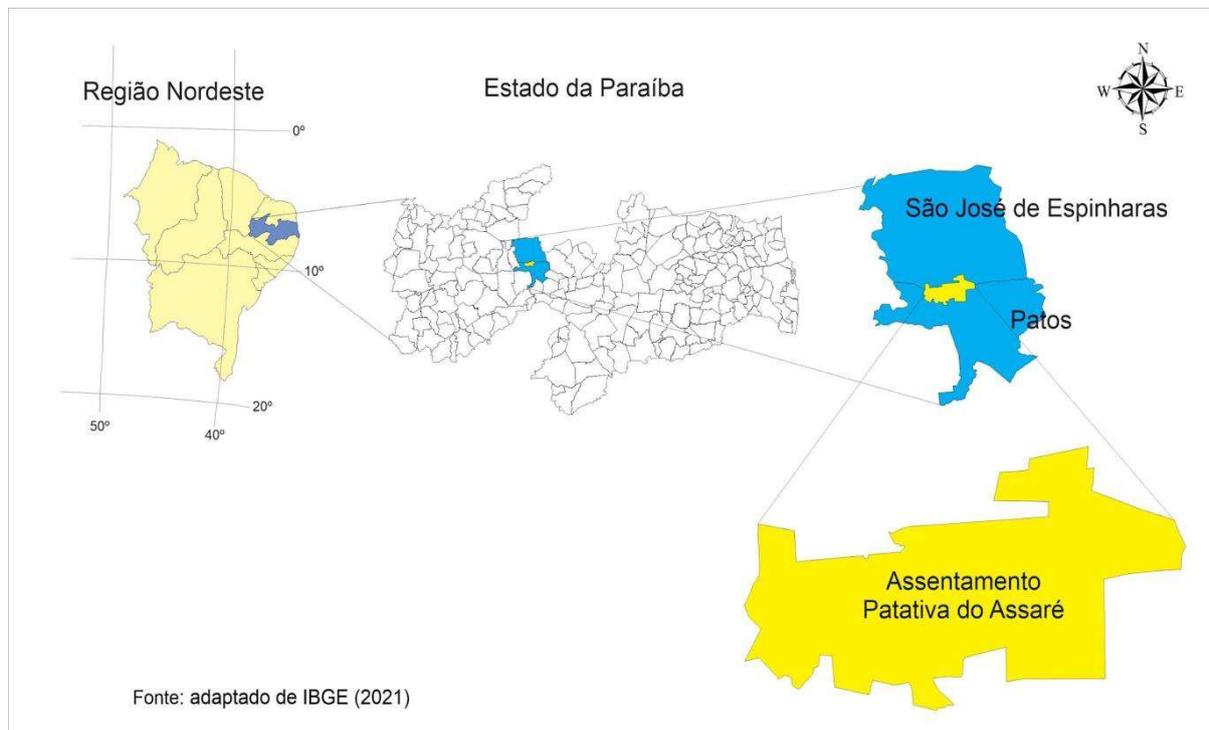


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de IBGE (2021); EMBRAPA (2021).

Conforme Francisco (2010), o Sertão – região que ocupa o terço oeste do Estado, formada pela depressão do rio Piranhas e seus contribuintes, com clima do tipo Bsh Semiárido quente, nas áreas mais baixas (<300 m). De acordo com o estudo elaborado por Francisco et al. (2018) o balanço hídrico climatológico, o qual representa média de 103 anos de dados a



média total anual é de 721,8mm com temperatura média de 25oC, e conforme Francisco et al. (2016b) a região apresenta valores diários de 8 horas de insolação.

De acordo com os dados da Atlas do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PARAÍBA, 2006), a geologia predominante no assentamento em estudo está representada pelo Ortognaisse granodiorítico granítico (Apy) e também pelo Complexo Caicó (Pca) cuja constituição litológica é composta por Ortognaisse granodiorítico granítico e tonalítico granodiorítico migmatizado.

Conforme Francisco et al. (2013), o relevo apresenta-se distribuído em maior abrangência com declividade nula a ligeira em toda a área do assentamento. Francisco (2010) afirma que a região a altitude é inferior a 350 m, onde o solo predominante, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), é o Neossolo Litólico Eutrófico, fase pedregosa e rochosa relevo ondulado, que são solos jovens com pouco desenvolvimento dos perfis devido a diversas causas (FRANCISCO et al., 2013).

Em toda a área de estudo a vegetação é do tipo Caatinga hiperxerófila. De acordo com Barbosa et al. (2009), Paes-Silva et al. (2003) e Francisco (2013), as espécies mais encontradas na região são a Imburana (*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett), Mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.), Xique-xique (*Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & G.D.Rowley), Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.), Marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), Pereiro (*Aspidosperma pyriformium* Engl.), e outras espécies nativas da região, como o Angico (*Anadenathera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão).

Neste trabalho utilizando o MapBiomass© (2022) e o Google Earth Engine, sendo selecionado as áreas oficiais de assentamentos, foi obtido para os anos de 1985 e 2020, as imagens de cobertura e uso da terra da área de estudo com suas respectivas áreas classificadas como Floresta, Formação Natural Não florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada, Corpos d'água. Também foi obtido os dados das áreas do uso e cobertura do solo.

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o XLSTAT© Trial. Para avaliação temporal das áreas de cobertura e uso do solo foi utilizado a regressão clássica, conforme o modelo de regressão (Equação 1).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon_i \text{ (Eq.1)}$$



Onde: Y_i é uma observação da variável dependente; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ são referidos como coeficientes de regressão correspondentes, e ϵ_i é o erro associado às observações da variável dependente.

Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos como Shapiro-Wilk (1965) e Anderson-Darling (1954).

Resultados e Discussão

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a distribuição da cobertura e uso do solo da área de estudo para o ano de 1985 e de 2020 respectivamente. Na Tabela 1, observa-se os dados obtidos, os valores em área e percentagem de ocupação das classes de cobertura e uso da terra. Constata-se do total de 2.620,52 ha que ocorre alterações pouco significativas na classe Floresta, com perda de área de 4,78%. Observa-se que, no ano de 2020 ocorre uma maior distribuição da classe Floresta por toda a área de estudo.

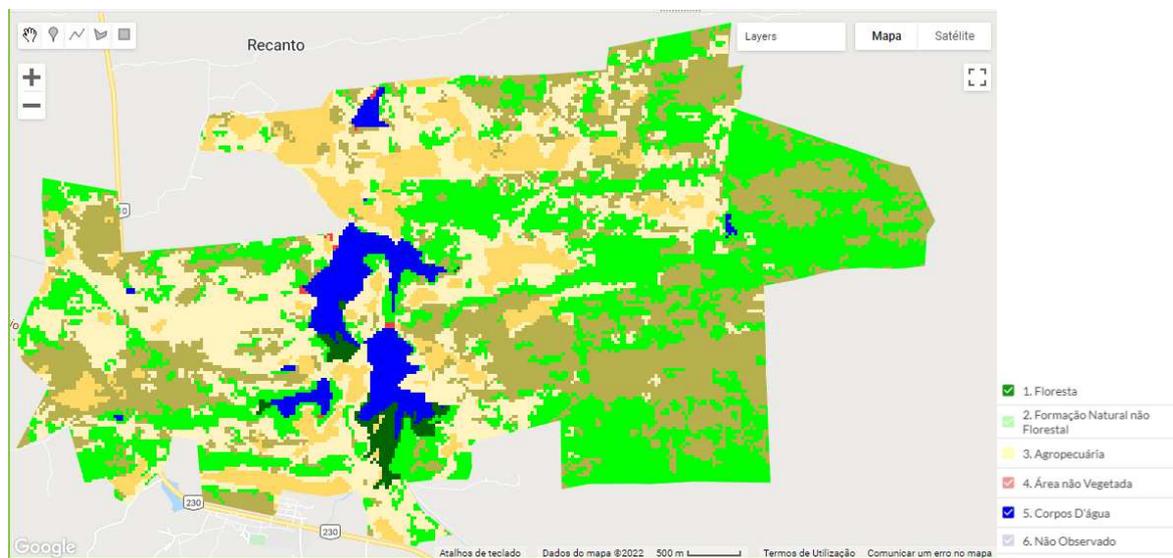


Figura 2. Cobertura e uso do solo do ano de 1985. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

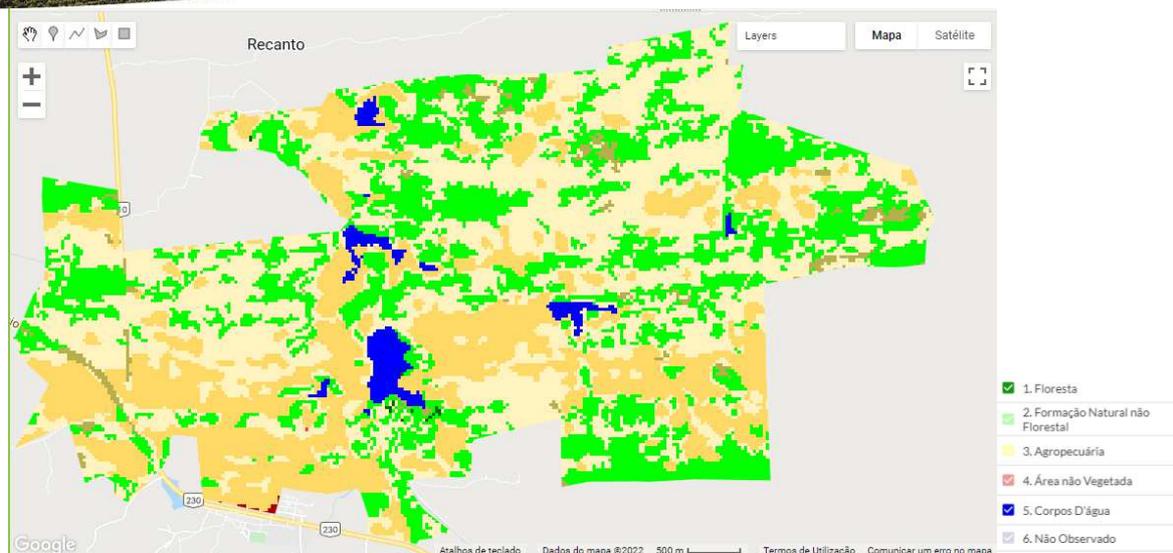


Figura 3. Cobertura e uso do solo do ano de 2020. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

Tabela 1. Variação espaço-temporal da cobertura e uso do solo

Classes	1985 (ha)	(%)	2020 (ha)	(%)
1. Floresta	865,60	33,03	740,37	28,25
2. Formação Natural não Florestal	699,44	26,69	41,81	1,60
3. Agropecuária	940,43	35,89	1.785,35	68,13
4. Área não Vegetada	2,49	0,09	1,33	0,05
5. Corpos D'água	112,55	4,29	51,66	1,97
Total	2.620,52	100,00	2.620,52	100,00

Santos e Negri (1997) afirmam que variáveis climáticas, tais como a precipitação e a temperatura da superfície terrestre, e que as oscilações entre as estações seca e úmida durante o ano e entre os diferentes anos, com condições de maior ou menor secura, influenciam de forma direta o comportamento fenológico das plantas.

Observa-se que ocorrem alterações significativas de mudança de área na classe Formação Natural Não Florestal de 699,44 ha (26,69%) em 1985 para 41,81 ha (1,60%) em 2020. Esta perda está relacionada com o aumento na classe Agropecuária de 940,43 ha para 1.785,35 ha, representando 32,24% de aumento neste período temporal. Aumento este relacionado ao processo de expansão ou conversão para áreas agrícolas.

Para a classe Não Vegetada observa-se que ocorre diminuição de 2,49 ha em 1985 para 1,33 ha em 2020, isto devido à incorporação de áreas produtivas ocorrida durante os 36 anos de avaliação. A classe Corpos d'água apresenta uma variação negativa em 2,32% durante o período de estudo, isto devido a variação pluviométrica nas últimas décadas. Fernandes et al.



(2015) onde afirmam que essa classe pode variar de acordo com o volume de chuvas ocorridas a cada ano e, eventualmente, com novos represamentos de rios.

Antunes et al. (2019) afirmam que, o crescimento na produção agrícola normalmente está associado à incorporação de áreas anteriormente destinadas a pecuária. Coelho et al. (2014), avaliando a dinâmica do uso do solo em Pernambuco, observaram que os resultados entre as classes de uso passaram por uma grande transição, com aumento do desmatamento pela retirada da vegetação da Caatinga e substituição rápida e progressiva por áreas com pastagem e agricultura.

Sousa et al. (2008) e Barbosa et al. (2009), avaliando a vegetação a evolução da cobertura vegetal e o uso agrícola do solo dos municípios de Boa Vista e Lagoa Seca, respectivamente, no Estado da Paraíba, observaram que a cobertura florestal sofreu redução também ao longo dos anos estudados, sendo relacionados com o elevado uso das terras para pecuária extensiva e a ocorrência significativa do aumento de áreas exploradas com a pecuária na região, respectivamente.

Na Figura 4, representando a mudança espaço-temporal da cobertura do solo, pode-se observar que a maior ocorrência entre os 36 anos de estudo apresenta-se na classe de transição de áreas naturais não florestal para agropecuária, seguida da classe de áreas sem transição. No entanto, não é possível afirmar que tais transições tenham ocorrido de forma direta entre uma classe temática para outra ao longo do tempo, conforme Antunes et al. (2019).



Figura 4. Mudança espaço-temporal da cobertura do solo.

Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).



Observa-se que, em transições de classes de agropecuária ou áreas não vegetadas para cobertura florestal apresenta a menor ocorrência, mas com valor significativo quanto ao ganho florestal e da conservação do solo distribuídas no terço central e a oeste da área do assentamento. De acordo com Francisco (2010) e Francisco et al. (2012), esse comportamento temporal representa a capacidade de recuperação da vegetação de caatinga.

Na Figura 5 pode-se observar a vegetação de caatinga da área de reserva do assentamento sob Neossolos Litólitos, em época de chuvas.



Figura 5. Área de reserva de vegetação (a); área vegetada degradada (b).

Na Tabela 2, da análise estatística descritiva da dinâmica temporal da cobertura e uso das terras, observam-se os valores mínimos e máximos encontradas na variável Agropecuária entre 555,11 e 1.908,46 com uma média 1.066,10. A variável Floresta é a que apresenta a maior média entre as demais, seguida da variável Formação Natural não Florestal.

O desvio padrão apresenta menores valores para a variável Água e na Área Não Vegetada e os maiores desvios apresentam-se nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal. A média apresenta valores não muito próximos para ambos as variáveis, o que levar a deduzir que não se trata de uma distribuição simétrica.



Tabela 2. Análise descritiva da dinâmica da cobertura e uso das terras

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Floresta	642,19	1.874,83	1.258,60	398,59
Formação Natural Não Florestal	16,68	720,74	209,80	197,91
Agropecuário	555,11	1.908,46	1.066,10	379,73
Área Não Vegetada	0,35	2,48	0,79	0,43
Corpos d'água	24,49	134,65	85,29	36,28

Na Figura 6 do comportamento da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020, pode-se observar que na classe Floresta ocorre entre os anos de 1993 a 2000 um crescimento dos valores de área de cobertura, e até 2020 perca de área de cobertura. Conforme Medeiros et al. (2020), os anos de 1985, 1994, 1996, 2008, 2009, registraram a ocorrência da La Niña classificados como muito chuvoso o que se pode verificar neste trabalho quanto ao comportamento dinâmico da vegetação. Observa-se que a classe Agropecuária apresenta o comportamento inverso.

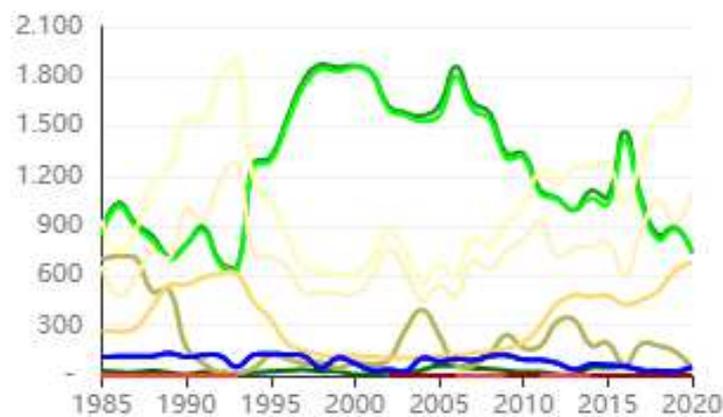


Figura 6. Comportamento temporal da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020.

Fonte: Mapbiomas (2022).

Pelos resultados estatísticos, observa-se pela Figura 7 que a maior variação de amplitude apresenta-se na variável Formação Natural não Florestal seguida da variável Agropecuária. Com relação à variabilidade entre as classes observadas por meio das caixas interquartílicas do gráfico boxplot para cada classe, observa-se que a classe Floresta apresenta menor variabilidade. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021).

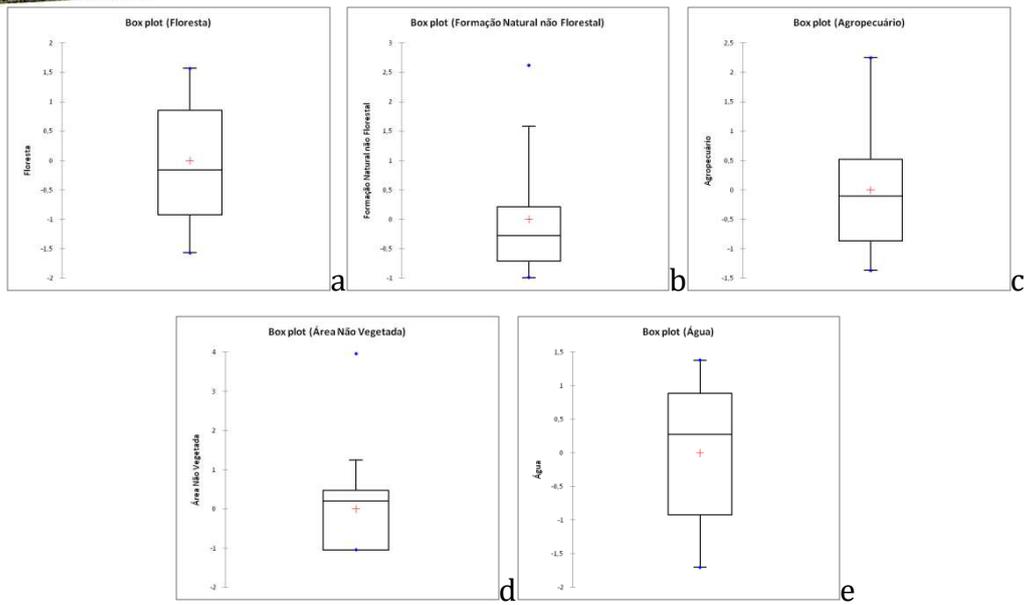


Figura 7. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.

No Teste de normalidade observa-se que a distribuição apresenta-se irregularidades nas classes Formação Natural Não Florestal (Figura 8b), Área Não Vegetada (Figura 8d) e Água (Figura 8e). Observa-se que a maior regularidade apresenta-se na classe Floresta.

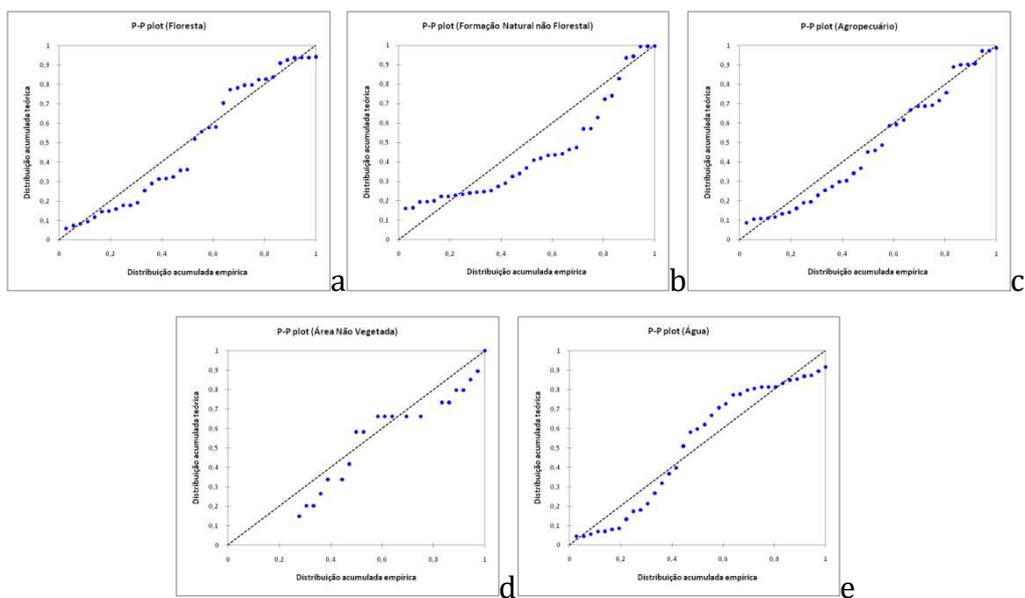


Figura 8. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.



Na Tabela 3 pode-se observar que os resultados dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling foram semelhantes entre si para as variáveis em estudo o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados.

Tabela 3. Testes de normalidade

Variável\Teste	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling
Floresta	0,0178	0,0252
Formação Natural Não Florestal	< 0,0001	< 0,0001
Agropecuário	0,0403	0,0826
Área Não Vegetada	< 0,0001	0,0004
Água	0,0025	0,0014

Carradori e Ramos (2014) afirmam que, o teste Shapiro-Wilk apresentou poderosos nas distribuições assimétricas sendo indicado para um número maior de que 30 amostras, caso similar a este estudo com 36 amostras em cada classe. Santos e Ferreira (2003) afirmam que o teste Shapiro-Wilk controla adequadamente o valor do erro para amostras de todos os tamanhos e, ainda, os testes relacionados com assimetria apresentaram melhores resultados para o controle do erro.

De acordo como Rosa et al. (2019), a plataforma permite apresentar os resultados da mudança de uso e ocupação da terra em gráficos configurados pelo usuário. É possível visualizar o histórico de uso da terra dos 36 anos em estudo através da Figura 9.

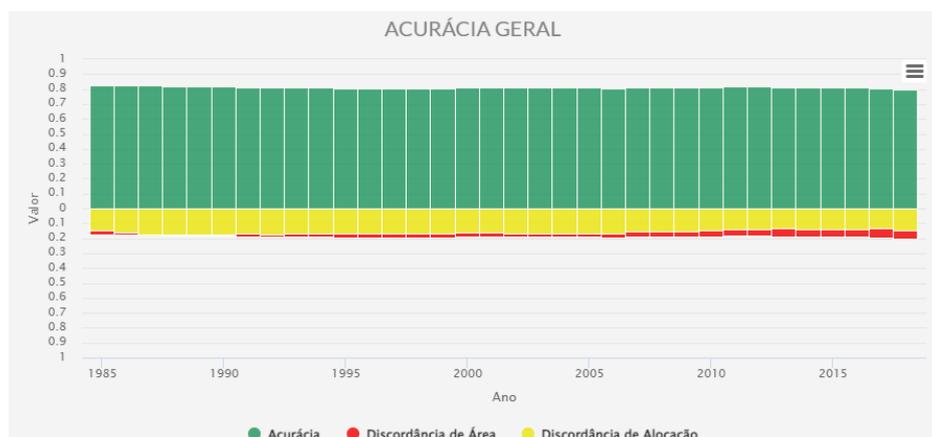


Figura 9. Acurácia geral das imagens entre 1985 a 2020. Fonte: Mapbiomas (2022).



A acurácia dos pontos comparados aos mapas na geração da matriz de confusão e o cálculo da acurácia global obtido pelas imagens analisadas pelo MapBiomias (GANEM et al., 2020), apresenta 81,1% de concordância por classe de cobertura e uso da terra, para cada ano estudado (Figura 9). Rosa et al. (2019) avaliando a acurácia de todos os biomas do Brasil pelo Mapbiomas observaram que foram perdidas vegetação nativa em 67% do território do país até 2018, enquanto que a área de agricultura cresceu 250%, situação similar a este estudo em avaliação.

Conclusão

Na utilização da aplicação Web MapBiomias como ferramenta para analisar o comportamento espaço-temporal do uso e cobertura dos solos observou-se que houve alterações significativas de área na classe Formação Natural Não Florestal e Agropecuária onde ocorreram as maiores amplitudes.

Os maiores desvios ocorreram nas variáveis Floresta e Formação Natural Não Florestal, portanto não se tratando de uma distribuição simétrica. A maior regularidade no teste de normalidade ocorreu na classe Floresta.

Agradecimentos

Ao apoio do CNPq e da Fapesq-PB.

Referências

- ALMEIDA, D. N. O. DE; OLIVEIRA, L. M. M. DE; CANDEIAS, A. L. B.; BEZERRA, U. A.; LEITE, A. C. DE S. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.4, n.1, p.58-68, 2018.
- ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. A test of goodness of t. *Journal of American Statistical Association*, v.49, p.765-769, 1954.
- ANTUNES, J. F. G.; ESQUERDO, J. C. D. M.; COUTINHO, A. C.; SANTOS, J. L. DOS; PARIZZI, T. N. T.; BERTOLO, L. S. Análise das mudanças do uso e cobertura da terra no Estado de Mato Grosso por meio do geoportal TerraClass. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 19, 2019, Santos. Anais...Santos, 2019.



BARBOSA, I. S.; ANDRADE, L. A.; ALMEIDA, J. A. P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.5, p.614-622, 2009.

BARBOSA, R. B. G.; RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; ARRUDA, D. A. DE; ALMEIDA, R. DE S.; LEITE, N. M. G. Geotecnologias aplicadas ao estudo da cobertura vegetal em bacia hidrográfica: uso do software “R”. *Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, v.7, n.1, p.33-42, 2021.

CARRADORI, R. G.; RAMOS, P. DE S. Avaliação de testes de normalidade implementados no programa R por simulação Monte Carlo. *Revista de Estatística UFOP*, v.3, n.2, p.33-41, 2014.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, V. E. R.; RIBEIRO, A. N.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.1, p.64-72, 2014.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, p.539-548, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015. Geoinfo. Áreas Urbanas no Brasil em 2015. Disponível em: http://geoinfo.cnpem.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15. Acesso em: 11 de novembro de 2021.

FACCO, D. S.; BENEDETTI, A. C.; KAISER, E. A.; PEREIRA FILHO, W. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no Estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Nacional de Geografia Física, 1, 2017, Campinas. Anais...Campinas, 2017.

FERNANDES, M. R. DE M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q. DE; FERNANDES, M. M. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. *Floresta Ambiental*, v.22, n.4, p.472-482, 2015.

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

FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.



FRANCISCO, P. R. M.; AYRES, G. D. J.; SILVA, V. F.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; PEDROZA, J. P. Dinâmica temporal da cobertura e uso da terra da região do médio curso do rio Paraíba. In: (Org). FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. Tecnologias aplicadas às pesquisas: GEO 21. EPTEC, 2021.130p.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE. Detecção de mudança da vegetação de caatinga. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, p.1473-1487, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.5, n.2, p.233-249, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; SILVEIRA, T. DE A.; SILVA, A. B. M. DA; SILVA, S. L. DA. Uso do geoprocessamento na detecção de mudança da cobertura vegetal do município de Parari-PB. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 1, 2013, Iguatu. Anais...Iguatu, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, J. V. DO; SILVA, J. V. DO. Caracterização geográfica e mapeamento da cobertura do solo do assentamento rural Patativa do Assaré. In: Simpósio Internacional de Geografia Agrária, 6, Simpósio Nacional de Geografia Agrária, 7, Jornada de Geografia das Águas, 1, 2013, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. Revista Brasileira de Geografia Física, v.3, p.676-693, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; MELLO, V. DA S.; BANDEIRA, M. M.; MACEDO, F. L. DE; SANTOS, D. Discriminação de cenários pluviométricos do estado da Paraíba utilizando distribuição Gama Incompleta e Teste Kolmogorov-Smirnov. Revista Brasileira de Geografia Física, v.9, n.1, p.47-61, 2016a.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D. Balanço Hídrico Climatológico para a Capacidade de Campo de 100mm – Estado da Paraíba. 1.a ed. Campina Grande: EDUFPG, 2018. 257p.

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, 2016b.



- GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; OLIVEIRA, M. T. DE; FREITAS, R. M. DE; GRECCHI, R. C.; VIEIRA, R. M. DA S.P.; ARAI, E.; SILVA, F. B.; SAMPAIO, C. B. V.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da vegetação da caatinga a partir de dados ópticos de observação da terra – oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.72, n.esp, p.829-854, 2020.
- GIRÃO, K. T. Biometria de sementes, morfologia de plântulas e crescimento inicial de mudas de quimiotipos de *Myacrodrupon urundeuva* Allemão. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.
- GOMES, S. O.; LIMA, V. N.; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, R. R. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27, 2017, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2017.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; GONÇALVES, D. K. O.; VIEIRA, E. N. DE L. Análise temporal do índice de vegetação no semiárido paraibano através do geoprocessamento. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 9, 2014, São Luís. Anais...São Luís, 2014.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. Identificação de áreas degradadas na região semiárida utilizando imagens multiespectral e NDVI. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M.; ARAGÃO, K. P. Análise temporal da vegetação de caatinga utilizando NDVI. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 1, 2014, Teresina. Anais...Teresina, 2014.
- GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; VIEIRA, E. N. DE L. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 8, 2013, Salvador. Anais...Salvador, 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- LIMA, V. N.; GOMES, S. O.; CANDEIAS, A. L. B.; SILVA, R. R. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27, 2017, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2017.
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, v.13, n.3, p.245-259, 1945.



MANTOVANI, W.; ROSSI, L.; ROMANIUC NETO, S. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. Simpósio sobre Mata Ciliar. Campinas: Fundação Cargill, São Paulo. p.235-267. 1989.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

MEDEIROS, S. A. DE; NÓBREGA, R. A. DA; MORAES NETO, J. M. DE; BARRETO, A. B.; VASCONCELOS, G. N.; DINIZ, R. R. S. Investigação da influência do El Niño e da La Niña sobre a variabilidade da precipitação na cidade de Patos, Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.13, n.1, p.336-349, 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2007. Mapa das áreas susceptíveis a desertificação no Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos. Universidade Federal da Paraíba. Brasília, 2007.

PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. DE B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. Agropecuária Técnica, v.24, n.10, p.47-59, 2003.

PATRÍCIO, M. DA C.M.; FRANCISCO, P. R. M.; DANTAS, R. T. Análise da degradação ambiental do município de Cabaceiras-PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.

PERONI, J. B.; CARVALHO, L. H.; LANNES, L. S. Aspectos de qualidade da água e saneamento básico em um assentamento rural no interior de São Paulo: diagnóstico e perspectivas para a melhoria da qualidade sócio-ambiental. Research, Society and Development, v.10, n.2, e1010212293, 2021.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. Journal of Statistical Modeling and Analytics, v.2, n.1, p.21-33, 2011.

RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE. Detecção de mudança de vegetação de caatinga através de geotecnologias. Revista Verde, v.9, n.5, p.84-94, 2014.

RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE. Uso do geoprocessamento na detecção de mudança de cobertura vegetal de região semiárida. In: Reunião Nordestina de Ciência do Solo, 1, 2013, Areia. Anais...Areia, 2013.

RIDD, M. K.; LIU, J. A. Comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. Remote Sensing of Environment, v.63, p.95-100, 1998.



- ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomias - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. In: Barbosa, L.M. (org). Restauração Ecológica: Desafio do processo frente à crise ambiental. São Paulo: Instituto de Botânica, 2019. 278p.
- SANTOS, A. C. DOS; FERREIRA, D. F. Definição do tamanho amostral usando simulação Monte Carlo para o teste de normalidade baseado em assimetria e curtose: I. Abordagem univariada. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.2, p.432-437, 2003.
- SANTOS, M. A. G. DOS; PEREIRA FILHO, W.; KUPLICH, T. M. Correlação entre índices de vegetação gerados a partir de dados de espectrorradiômetro. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, 2019, Santos. Anais...Santos, 2019.
- SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. *Journal of Applied Meteorology*, v.36, n.7, p.958- 965, 1997.
- SHAPIRO, A. S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.
- SILVA, E. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SÁ, I. B.; DUARTE, S. M. A. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE. *Floresta*, v.43, n.4, p.611-620, 2013.
- SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do rio Espinharas de 2000 a 2010. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.2, p.202-209, 2014.
- SILVA, V. A.; MOREAU, M. S.; MOREAU, A. M. S. S.; REGO, N. A. C. Uso da terra e perda de solo na bacia hidrográfica do rio Colônia, Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.3, p.310-315, 2011.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, S. P. JR; NERY, A. R.; LIMA, A. N. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando geoprocessamento. *Revista Caatinga*, v.21, n.3, p.22-30, 2008.
- SOUZA, D. C.; ESTEVEN, D. O. Panorama dos assentamentos rurais em Santa Catarina. *Revista Grifos*, v.30, n.54, p.267-291, 2021.



Capítulo VI

GERMINAÇÃO DA ESPÉCIE FLORESTAL ERYTHRINA VELUTINA WILLD SOB NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E NUTRICIONAL

Jodiene do Nascimento Silva

Engenheira Florestal, UAEF, CSTR, UFCG, Campus Patos
jodienascimento@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7906-5821>

Viviane Farias Silva

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

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

Renato Nogueira Antas

Mestrando em Ciências Florestais, PPGCF, CSTR, UFCG
renatonogueiraantas@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-1528-4520>

Lilian de Queiroz

Doutoranda em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais, PPGEGRN, CTRN, UFCG
naililufcgcta@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3919-4100>

Luciana Freitas Medeiros de Mendonça

Professora Adjunta, UAEF, CSTR, UFCG, Campus Patos
luciana.freitas@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5901-8198>

Paulo Roberto Megna Francisco

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

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



Introdução

A caatinga é a vegetação recorrente do semiárido do Nordeste e ocupa aproximadamente 912.529 km², cobrindo nove Estados e formando uma das grandes regiões ecológicas brasileiras (TABARELLI et al., 2018). Contudo, vem sendo considerada como o bioma mais perturbado pelas populações, depois da Mata Atlântica e o Cerrado (CASTELETTI et al., 2003). Devido ao baixo incentivo a preservação deste bioma, ocorre a devastação ambiental de forma exploratória, em que muitas espécies vegetais da Caatinga já desapareceram ou estão em processo de desaparecimento adiantado. Segundo Macedo et al. (2023), ao avaliarem os efeitos da degradação dos solos na Caatinga constataram que afetou os serviços ecossistêmicos em relação ao ciclo nutricional do solo, decorrente da degradação da superfície do solo por não haver vegetação.

A degradação neste Bioma é ocasionada por várias ações onde as principais são antrópicas, como desmatamento, uso irracional das águas, agropecuária intensiva, em que são atividades que potencializam os danos ambientais, com redução da área de cobertura vegetal e aumento da desertificação (RIBEIRO et al., 2016; MARIANO et al., 2018).

Inclusive, regiões como o semiárido com secas prolongadas, são consideradas como uma área susceptível à desertificação, que podem ocasionar danos socioeconômico e ambiental, sendo mais vulneráveis a estas mudanças climáticas a população menos favorecida, como afirmam Pereira et al. (2020). As precipitações irregulares e escassas são uma das características do semiárido, sendo um empecilho para o desenvolvimento na região (INSA, 2018), tornando-se uma problemática que afeta diretamente a sociedade e o meio ambiente.

Para a convivência no semiárido é importante a realização de pesquisas que auxiliem a população a ter qualidade de vida, assim as tecnologias socioambientais podem transformar a realidade do semiárido reduzindo os impactos negativos trazidos pelas condições edafoclimáticas possibilitando o estabelecimento e desenvolvimento da região, assim como afirmam Rego Filho (2020) ao realizar uma pesquisa bibliométrica sobre a inovação no semiárido, relataram que, as produções científicas estão em estágio inicial na área de utilização dos serviços ecossistêmicos da região.

Dessa maneira, devido ao baixo índice de pesquisas voltadas ao semiárido, a realização de pesquisas voltadas para uso racional da água na irrigação e formação de mudas de espécies florestais, bem como sobre o potencial germinativo das sementes da Caatinga, é significativo, tornando eficaz o manejo florestal (REGO FILHO et al., 2020), sendo necessário planejamento e conhecimento científico para recuperação de áreas degradadas com uso da técnica de semeadura direta, por ser fácil e de baixo custo (SANTOS, 2020).

Para mitigar esta problemática, estudos sobre espécies nativas vêm sendo realizadas para serem aplicadas em técnicas de recuperação de áreas, principalmente relacionadas a germinação. De acordo com Gonçalves et al. (2020) o potencial de germinação pode ser diretamente afetado pela



temperatura, umidade, luz, estando estes fatores relacionados ao processo fisiológico das sementes. Assim é importante saber a quantidade de água aplicada na fase de germinação para que as reações metabólicas ocorram de maneira a desenvolver a protusão da raiz e, em seguida o surgimento da plântula, como descrevem Taiz et al. (2017).

Para a produção de mudas a fase primordial é a germinação das sementes, tornando-se essencial entender como ocorre, o que influencia e como pode-se ter melhores respostas fisiológicas, para tornar eficiente todo o processo metabólico da semente, segundo Herculano et al. (2021). De acordo com Araújo et al. (2022), algumas espécies florestais possuem pouca demanda hídrica na fase de sementeira, com resistência ao déficit hídrico, com aplicação de até 40% da necessidade hídrica da cultura nesta fase para as espécies florestais Sabiá e Mulungu. A espécie florestal Mulungu (*Erythrina velutina*) é resistente ao estresse à salinidade, hídrica, além de sua madeira ter valor comercial, de reflorestamento e medicinal (RODRIGUES et al., 2017).

Nesse contexto, a presente pesquisa objetiva avaliar em região semiárida o potencial germinativo da espécie florestal *Erythrina velutina* Willd. sob níveis de irrigação e nutricional.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na casa de vegetação do Viveiro Florestal no Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, PB (Figura 1). Ferreira et al. (2019) relatam que a localização geográfica do campus de Patos fica situado nas coordenadas geográficas de 7°01'00"S e 37°17'00"W.

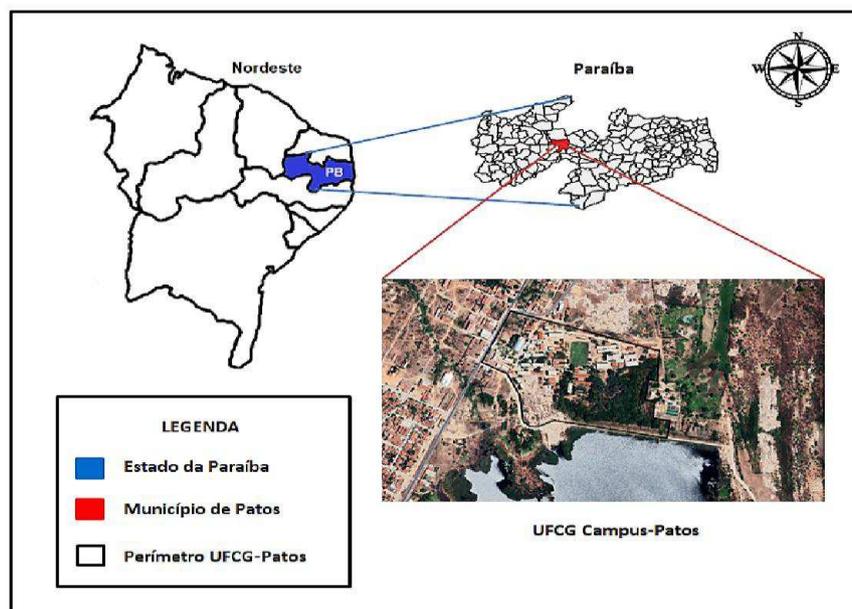


Figura 1. Localização do Campus do CSTR/UFCG, Patos-PB.

Fonte: adaptado de IBGE (2021); Google Earth (2022).



As sementes da espécie florestal *Erythrina velutina* (Mulungu) foram provenientes do laboratório de sementes da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/UAEF/UFCG. O sistema de irrigação foi elaborado utilizando-se de garrafas PET (2 litros) com quatro furos na parte inferior e preenchidos com brita para facilitar a drenagem. Quanto a esta, foram acoplados aos vasos feitos de garrafas PET (2 litros) e garrafas PET de 2,5 litros, realizando o encaixe perfeito para não ocorrer perdas de água drenada (Figura 2).



Figura 2. Sistema de lísimetria de drenagem.

A partir do sistema de irrigação foi realizada a estimativa do consumo hídrico pelas plantas, obtidas através da diferença entre o volume médio aplicado e o volume médio drenado coletado, por meio do sistema de lísimetria de drenagem, com base nos em Silva et al. (2019) e Herculano et al. (2021).

O substrato utilizado para fase de germinação foi o composto com esterco bovino curtido, na proporção 2:1 (solo e esterco bovino). O esterco foi obtido na fazenda Nupeárido do CSTR/UFCG, e a análise química do substrato foi realizada no Laboratório de Solos e Águas (LASAG) do CSTR/UFCG, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do substrato orgânico utilizado no experimento

Elementos analisados									
pH	CE	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
CaAl ₂ 0,01M	dS/m	Mg.dm ⁻³	cmolc dm ⁻³						%
7,3	0,318	68,2	5,2	2,2	0,248	0,80	0,80	9,25	91,34



Antes da sementeira, os vasos foram colocados em capacidade de campo, sendo semeadas 4 sementes por vaso, após ter sido realizado a quebra de dormência por meio da escarificação de forma mecânica com lixa na face oposta ao hilo, como recomendado por Siqueira et al. (2017). Utilizando a espécie florestal *Erythrina velutina* (Mulungu) submetidas 3 doses dos macronutrientes NPK (0% NPK (D1), 50% NPK (D2) e 100% NPK (D3)) associados a composição do substrato orgânico.

Para a irrigação, foram consideradas 5 lâminas de irrigação (L) de acordo com as necessidades hídricas das plantas (NH), de L1 (100%NH); L2 (80%NH); L3(60%NH); L4(40%NH) e L5(20%NH). A água utilizada na irrigação foi proveniente da concessionária de abastecimento, CAGEPA. Definidas a adubação e irrigação, foi avaliado, diariamente até os 14 dias após a sementeira (DAS) a porcentagem de germinação (PG), o tempo médio de germinação (TM) e velocidade média (VM), de acordo com Labouriau e Valadares (1976), além do Índice de Velocidade de Emergência (IVE) determinado segundo metodologia de Maguire (1962).

foi realizado delineamento experimental inteiramente casualizados, com esquema fatorial 3x5, com 15 tratamentos, com 3 repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019), as médias do fator doses de NPK foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e para o fator lâminas de irrigação, quando significativas, foi utilizada a avaliação por análise de regressão polinomial linear e quadrática, com ajuste de curvas representativas para cada uma das características avaliadas.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, pode-se observar que na fonte de variação “Doses NPK”, todas as variáveis analisadas referentes a germinação são estatisticamente significativas a nível de 1%. Em relação a fonte de variação Lâmina de irrigação, apenas a variável Índice de velocidade de germinação (IVG) não se apresenta estatisticamente significativa, enquanto as demais variáveis são significativas a nível de 1%. A interação sobre as fontes de interação apresenta efeito estatístico significativo ($p < 0,01$).



Tabela 2. Resumo da análise de variância para a porcentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (Tm), e velocidade média de germinação (Vm) da espécie florestal *Erythrina velutina*, submetidas a diferentes doses de NPK e lâminas de irrigação

Fonte de variação	Quadrado médio				
	GL	PG	IVG	Tm	Vm
Doses NPK (D_NPK)	2	21,15**	1,07**	0,40**	0,37**
Lâmina de irrigação (LI)	4	4,60**	0,08 ^{ns}	0,13**	0,12**
Regressão linear		7,72*	-	0,28**	0,054 ^{ns}
Regressão quadrática		9,07**	-	0,22*	0,0057 ^{ns}
Desvio da regressão		0,81 ^{ns}	-	0,011 ^{ns}	0,21**
D_NPK*LI		9,70**	0,47**	0,18**	0,257**
Resíduo	30	1,05	0,05	0,033	0,01
CV (%)		21,93	17,90	14,62	10,84

ns: não significativo ($P > 0,05$); *: significativo ($P < 0,05$); **: significativo ($P < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação; PG (Porcentagem de germinação-%); IVG (índice de velocidade de germinação -germinação/dia); Tm (tempo médio de germinação-dias); Vm (velocidade média de-germinação-dias-1); 1 Transformação Raíz quadrada de $Y + 0.5 - \sqrt{Y + 0.5}$.

Avaliando a obtenção dos dados na execução do experimento, tendo por base o coeficiente de variação de 10,84 a 21,93%, pode se afirmar que na etapa inicial, ou seja, na fase de germinação, a precisão é considerada adequada. Assim como relata Gomes (2000), quando o coeficiente de variação tem valor no intervalo de 10 a 20%, pode-se classificar o experimento com boa precisão.

Ao avaliar a interação das fontes de variação, doses de NPK e lâminas de irrigação, observa-se na Figura 3, que ao aumentar a disponibilidade de água a planta apenas a dose de 0% de NPK, ou seja, apenas o substrato composto com esterco bovino, constata-se acréscimo, enquanto que o inverso ocorre com os tratamentos que foram aplicadas doses de 100% de NPK.

A maior porcentagem de germinação é de 55% ao aplicar 50% de NPK e 80% da NH, com aumento de 66,7% no PG ao comparar com a mesma dose de NPK e irrigação de 20%NH (Figura 3). Nesse contexto, o aumento da disponibilidade de água a 80% NH potencializa a germinação.

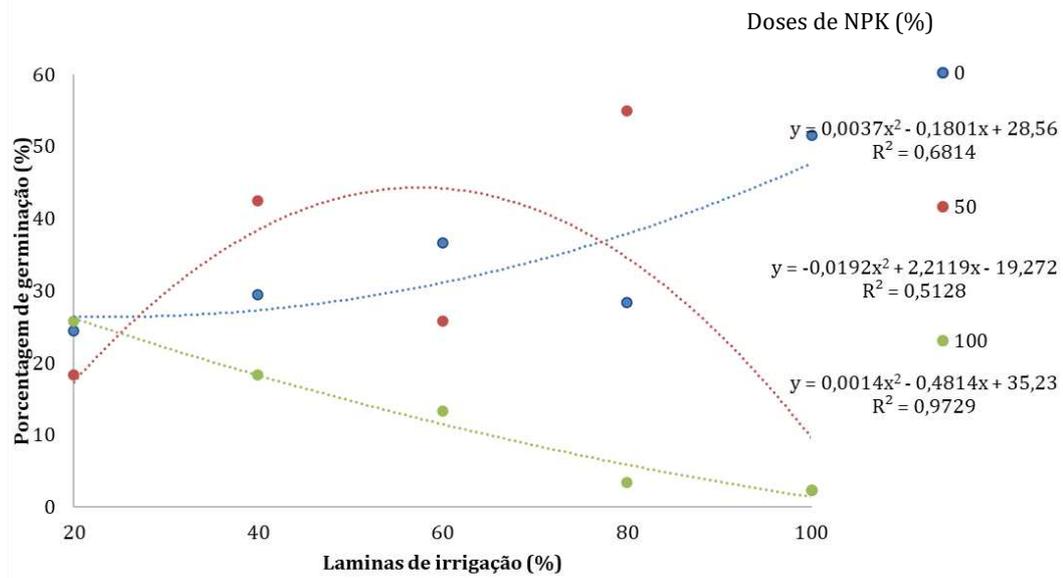


Figura 3. Porcentagem de germinação da *Erythrina velutina* submetida a diferentes doses de NPK e lâminas de irrigação de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Na fase de germinação, os tratamentos que receberam 100% das doses de NPK recomendada apresentam as menores médias de germinação, constatando que nessa dosagem, ao aumentar a disponibilidade hídrica há redução da porcentagem de germinação, com valor médio mínimo de 2,3% da porcentagem de germinação na lâmina de 100%NH, não sendo indicado este tratamento na fase inicial da cultura, de acordo com os dados obtidos e nessas condições experimentais (Figura 3).

Ao estudar em solo Neossolo a germinação de espécies florestais do Bioma Caatinga (Trapia, violete e coronha), Gonçalves et al. (2020) obtiveram aos 30 dias após a semeadura uma porcentagem de germinação média de aproximadamente 70%, e nesta pesquisa aos 15 DAS obtive-se PG superior a 50%.

O índice de velocidade de germinação com 0% de NPK com LI 100% da NH, é superior aos demais, bem como é notável que, quanto maior a porcentagem de água, maior é sua velocidade de germinação, além disso, é possível observar um efeito contrário nas doses com 100% de NPK, em que, o maior índice de germinação é o que contém a menor lâmina de água (LI 20% da NH). As lâminas de irrigação aplicadas nas doses de 50% de NPK, apresentam o maior pico do IVG no LI2 (Figura 4).

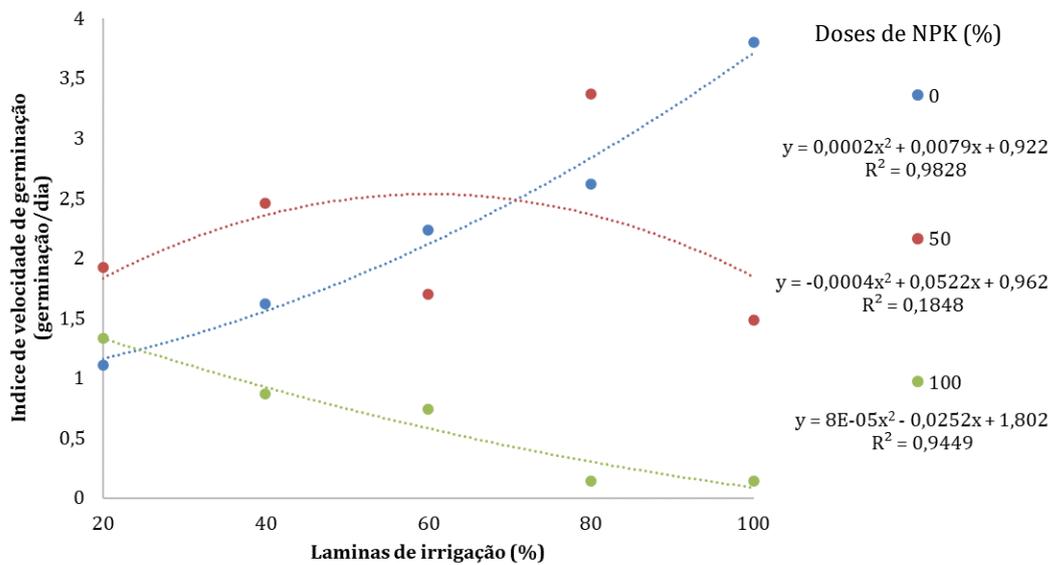


Figura 4. Índice de velocidade de germinação da *Erythrina velutina* submetida a diferentes doses de NPK e lâminas de irrigação de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Conforto et al. (2014) ao avaliarem a germinação e desenvolvimento inicial da espécie Mulungu, constataram que durante 30 DAS ao utilizarem como quebra de dormência escarificação com 10 minutos em ácido sulfúrico e corte com estilete na região oposta ao hilo, obtiveram porcentagem de germinação entre 82% e índice de velocidade de germinação de 1,71.

Estudando o índice de velocidade de germinação da *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá), Herculano et al. (2021) obtiveram melhores IVG aplicando irrigação de 60% da necessidade hídrica da planta. Nesta pesquisa é possível observar que, aos 60% NH, para a espécie Mulungu que apresenta melhor média de IVG aos 100% de LI e 0% NPK. Rodrigues Filho (2017) classifica as espécies florestais da família Fabaceae com taxa de germinação que oscila de lenta a rápida e irregular.

No tempo médio de germinação, as sementes com 0% de NPK, com maior tempo de germinação foi ao aplicar LI 100% na irrigação. Nos vasos em que apresentam 50% das doses de NPK, este tem seu pico de Tm, na lâmina LI4, sendo superior às demais lâminas de irrigação. Aos 100% de NPK, nota-se que a germinação das sementes com maior disponibilidade de água (LI1) necessita de menor tempo para germinação, sendo contrária a LI5, na qual resulta em maior tempo para ocorrer a germinação das sementes, sendo assim, é possível notar que para o tratamento de 100% NPK, quanto maior o volume de água, mais rápido será o tempo médio de germinação da espécie (Figura 5).

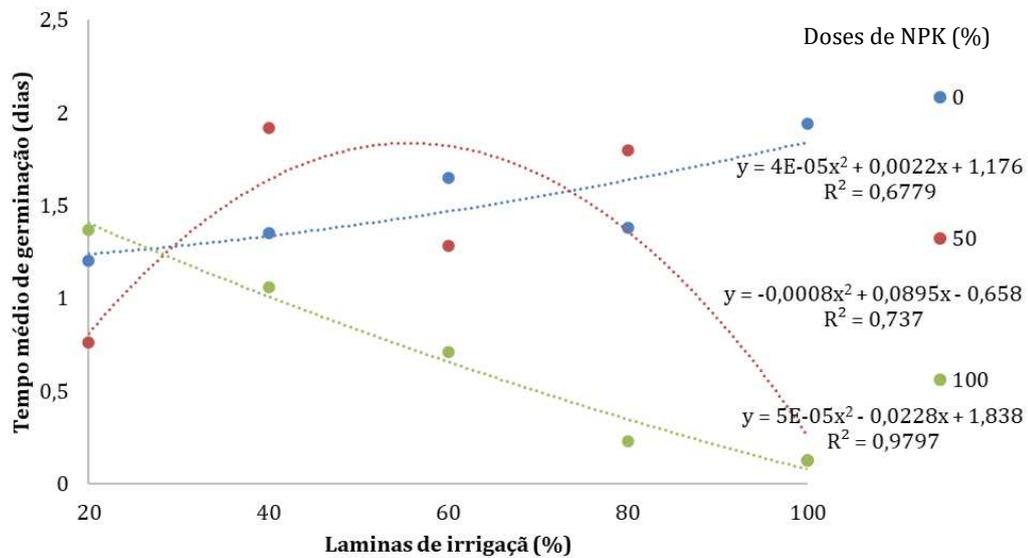


Figura 5. Tempo médio de germinação da *Erythrina velutina* submetida a diferentes doses de NPK e lâminas de irrigação de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Em pesquisa realizada por Dutra et al. (2017) com a *Peltophorum dubium* (canafistula), pertencente à família Fabaceae, bem como o mulungu, estes observaram que o tempo médio de germinação da espécie apresentou uma queda acentuada nos seus valores médios de tempo, de acordo com a redução do seu potencial osmótico.

Com relação a Velocidade média de germinação (V_m), nos tratamentos com 0% de NPK, apresentam resultado sem variações significativas em relação à disponibilidade hídrica, no tratamento com 50% de NPK, observa-se que aplicando a LI5 (20% NH) tem maior valor referente a velocidade de germinação, e com uma menor V_m na lâmina LI2 (80% NH).

No tratamento com maior quantidade de NPK (100%), quanto maior a quantidade de água disponível, maior é a média da velocidade de germinação, nas lâminas LI1 e LI2, respectivamente. Assim, quanto maior o tempo, menos vigorosas são as sementes, como relatam Ferreira et al. (2004), ou foram mais influenciadas pelo tratamento (Figura 6).

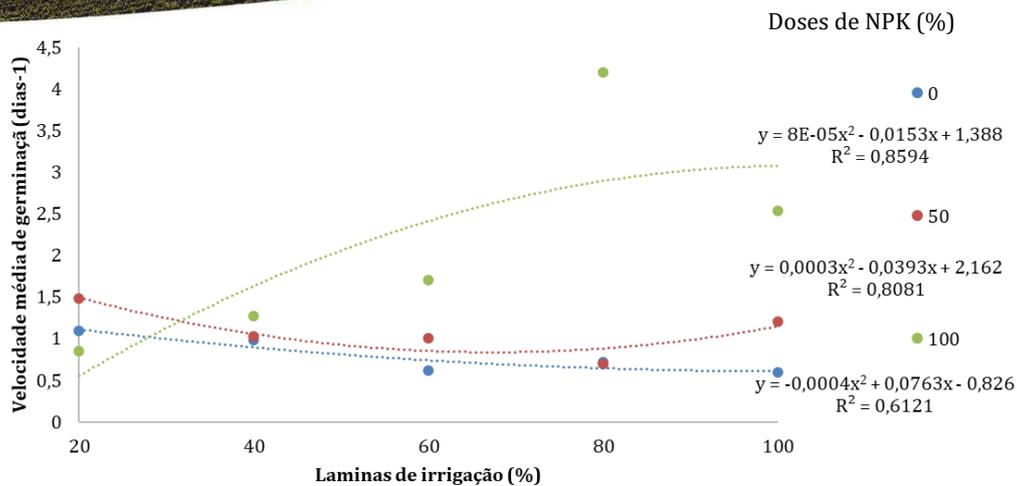


Figura 6. Velocidade média de germinação da *Erythrina velutina* (Mulungu) submetida a diferentes doses de NPK e lâminas de irrigação de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Em trabalho desenvolvido com *Erythrina velutina* por Silva Júnior (2012), em que analisava sua biometria, germinação e o crescimento inicial com estresse hídrico, foram alcançados resultados semelhantes, visto que, quanto menor o potencial hídrico, houve uma redução na sua velocidade de germinação, outro fator importante para este resultado foi sua temperatura, em que seu aumento diminuiu a velocidade de germinação, e aumentou o tempo médio.

De acordo com Lechowska et al. (2019), a disponibilidade de água durante a fase de germinação é importante para estimular o metabolismo germinativo, onde haverá degradação das reservas para o desenvolvimento embrionário, que possibilitará plantas vigorosas.

Resultado similar foi obtido por Ferreira (2019) ao avaliar a germinação e crescimento da espécie florestal da família Fabaceae (*Cynometra bauhiniifolia* Benth) em substratos orgânicos constatou-se que esta espécie não necessita no seu estágio inicial de desenvolvimento uma demanda nutricional rigorosa.

Conclusão

Na fase de germinação da espécie *Erythrina velutina* as doses de NPK obteve maiores médias de 0 e 50% de NPK, aplicando as lâminas de irrigação de 80 e 100% da necessidade hídrica.

Foi observado que na fase de germinação esta espécie florestal tem sensibilidade hídrica.

Referências

ARAÚJO, B. L. B.; SILVA, V. F.; DE ARAÚJO WANDERLEY, N.; BORGES, I. M. S.; FRANCISCO, P. R. M. Estresse hídrico no processo de germinação em *Mimosa Caesalpiniiifolia benth* e *Erythrina velutina willd*. In: FRANCISCO, P. R. M. et al. (Org). Ciências Agrárias. 1. ed. EPTEC, 2022. 106p.



- CASTELLETTI, H.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2003 p.91-100.
- CONFORTO, E. DE C.; FACINCANI, A.; LIMA, C. S.; NANYA, L. H.; TRALLI, M. P.; DE LIMA, N. M. M.; NISHIMURA, R. Y. G.; ANDREOLI, R. P. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de *Erythrina mulungu* (Mart. ex. Benth). *Agrarian*, v.7, n.24, p.197–204, 2014.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MOREIRA, P. R.; RIBEIRO, É. S. M. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.37, n.91, p.323–330, 2017.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira De Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- FERREIRA, G. S. Germinação e crescimento inicial de *Cynometra bauhiniifolia* Benth. (fabaceae) em substratos orgânicos. 39f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade do Estado do Amazonas. Itacoatiara, 2019.
- FERREIRA, M. B.; SOUSA, G. G. DE; AZEVEDO, S. R. V.; ROCHA, I. C. A.; JUNIOR, M. P. D.; MEDEIROS, J. R. DE; BRITO, G. F. DE; CARMO, F. C. DE A. do. Avaliação ergonômica em atividades de viveiro florestal no município de Patos – Paraíba. *Brazilian Journal of Development*, v.5, n.10, p.20261–20279, 2019.
- GOMES, F. P. Curso de Estatística Experimental. Degaspari, Piracicaba, 2000. 47p.
- GONÇALVES, M. P. M.; LICIA, A.; SILVA, A. P.; SILVA, L. B.; SILVA, K. M.; SILVA JUNIOR, F. S.; GRUGIKI, M.; SILVA, M. I. O. Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas. *Brazilian Journal of Development*, v.1, n.6, p.1216- 226, 2020.
- HERCULANO, É. V. de A.; SILVA, V. F.; RIBEIRO, I. R.; MARTINS, W. A.; FARIAS JÚNIOR, J. A. de; SANTOS, V. M. dos; MENDONÇA, L. F. de M. Water influence on the germination of forest species seeds *Mimosa Caesalpiniiifolia* Benth. *Research, Society and Development*, v.10, n.8, p.e37310817431, 2021.
- INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Programa de Capacitação Institucional - PCI 2019 – 2023: Meio ambiente e sociedade no Semiárido Brasileiro: ciência, tecnologia e inovação a serviço do desenvolvimento sustentável da região. Campina Grande: INSA, 2018. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/contratos_gestao_organizacoes_sociais/arquivos/TCG/INSA/atualizacao/RELATORIO_TCG_2019__INSA.pdf
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.48, p.174-186, 1976.
- LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; WOJTYLA, Ł.; NOWACZYK, G.; QUINET, M.; LUTTS, S.; GARNCZARSKA, M. New insight on water status in germinating *Brassica napus* seeds in relation to priming-improved germination. *International Journal of Molecular Sciences*, v.20, n.3, p.1216-1226, 2019.



- MACEDO, R. S.; MORO, L.; LAMBAIS, É. O.; LAMBAIS, G. R.; BAKKER, A. P. D. Efeitos da degradação nos atributos de solos sob caatinga no semiárido brasileiro. *Revista Árvore*, v.47, 2023.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, p.176-177, 1962.
- MARIANO, D. A.; SANTOS, C. A.; WARDLOW, B. D.; ANDERSON, M. C.; SCHILTMAYER, A. V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. *Remote Sensing of Environment*, v.213, p.129-143, 2018.
- PEREIRA, A. J.; DE OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B. Análise da susceptibilidade à desertificação em ambiente de caatinga. *Geo UERJ*, v.37, p.1-19, 2020.
- REGO FILHO, F. S.; FERNANDES, A. R. P. M.; MENEZES, E. R. Inovação no Semiárido Brasileiro: um estudo bibliométrico. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.7, p.382-399, 2020.
- RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA, E. B. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. *Geosul*, v.31, p.59-92, 2016.
- RODRIGUES FILHO, J. Dormência em espécies arbóreas de dois biomas brasileiros. 85f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2017.
- RODRIGUES, F. T. S.; SOUSA, C. N. S.; XIMENES, N. C.; ALMEIDA, A. B.; CABRAL, L. M.; PATROCÍNIO, C. F. V.; SILVA, A. H.; LEAL, L. K. A. M.; HONÓRIO JÚNIOR, J. E. R.; MACEDO, D.; VASCONCELOS, S. M. M. Effects of standard ethanolic extract from *Erythrina velutina* in acute cerebral ischemia in mice. *Biomed Pharmacother*, v.96, p.1230-1239, 2017.
- SANTOS, I. P. Probabilidade de sucesso de espécies florestais na semeadura direta em restauração ecológica. 84 f. Tese (Doutorado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis). Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 2020.
- SILVA JÚNIOR, V. T. Biometria, germinação e crescimento inicial de *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae - Papilionoideae) ocorrente em caatinga e brejo de altitude (PE). *Revista Árvore*, v.36, n.2, p.247-257, 2012.
- SILVA, V. F.; BEZERRA, C. V.; NASCIMENTO, E.; FERREIRA, T. N.; LIMA, V. L.; ANDRADE, L. O. Production of chili pepper under organic fertilization and irrigation with treated wastewater. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.2, p.84-89, 2019.
- SIQUEIRA, J. V. G.; BARROSA, J. P. A.; ARAÚJO, Y. P.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B. Tratamentos prégerminativos em sementes de espécies da Caatinga. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.2, n.4, p.499-508, 2017.
- TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. *Ciência e Cultura*, v.70, n.4, p.25-29, 2018.



TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Artmed: Porto Alegre, 2017. 888p.



Capítulo VII

USO DO SIG NO MAPEAMENTO DO POTENCIAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA IRRIGADA DA MANDIOCA (*Maniõth esculenta Crantz*) 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>

Raimundo Calixto Martins Rodrigues

Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, calixto_80@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8437-7857>



Introdução

A mandioca (*ManiOTH esculenta Crantz*) é oriunda de região tropical, encontrando condições favoráveis para o seu desenvolvimento em todos os climas tropicais e subtropicais, sendo cultivada na faixa compreendida entre 30° de latitudes norte e sul, embora a concentração de plantio esteja entre as latitudes 15°N e 15°S. Altitudes que variam desde o nível do mar até 800 m são as mais favoráveis. A temperatura média do ar ideal situa-se entre os limites de 20 a 27°C, mas produz bem na faixa de temperatura de 16 a 38°C (SOUZA & SOUZA, 2000).

A faixa mais adequada de precipitação pluvial para a mandioca está compreendida entre 1.000 e 1.500 mm.ano⁻¹. Em regiões tropicais, a cultura produz em locais com totais pluviométricos anuais de até 4.000 mm.ano⁻¹, sem estação seca em nenhum período do ano, sendo importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento promove a podridão de raízes. Em regiões semiáridas com 500 a 700mm de chuva por ano, é necessário adequar a época de plantio ao período chuvoso para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo (SOUZA & SOUZA, 2000; CAVALCANTE, 2005). No caso de ocorrência de deficiência hídrica no solo, a planta pode apresentar estado de dormência, perdendo as folhas completamente, e encurtando os espaços internodais, mas recupera-se nas primeiras chuvas. Os autores salientam ainda que, em muitos casos, a colheita da mandioca é geralmente realizada 14 a 16 meses após o plantio, e dependendo da época, pode incorrer em problemas de colheita devido ao excesso hídrico (BARROS et al., 2012).

A adoção e a aplicação de metodologias atualizadas de classificação de terras para a irrigação podem permitir o planejamento do uso da terra com vistas ao desenvolvimento sustentável. Essas ações poderiam minimizar a degradação das terras e/ou da baixa taxa de retorno econômico, que afetam em muitos casos o pleno sucesso dos projetos irrigados (AMARAL, 2005). Para Sousa et al. (2013), a classificação de terras para irrigação é feita com base nas potencialidades e limitações dos solos. Essas informações são necessárias para a delimitação das terras de classes aptas, eliminando as áreas inaptas nas condições econômicas prevalentes.

O uso da água em agricultura irrigada no Nordeste brasileiro tem ocorrido desde a pequena propriedade agrícola, com alguns poucos hectares, até a propriedade agrícola empresarial (BASSOI et al., 2017). O uso da irrigação viabiliza a produção agrícola especialmente em áreas áridas e semiáridas, como no caso do Nordeste brasileiro, onde a escassez hídrica representa uma séria limitação para o desenvolvimento socioeconômico, que se traduz em baixos níveis de renda e padrões insatisfatórios de nutrição, saúde e saneamento de parcela representativa da sua população (AMARAL, 2005).

Com o advento da informática, o uso de geotecnologias, do Sistema de Informações Geográficas, a evolução dos sistemas computacionais para estudos de análise ambiental, tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maioria dos trabalhos executados de forma convencional e tem permitido o processamento de um grande volume de informações relevantes para



tomadas de decisão (CARVALHO et al., 2009; CÂMARA & MEDEIROS, 1996; FERNANDES et al., 1998). Neste contexto, o sistema de informação geográfica é uma tecnologia que abrange cada vez mais projetos ambientais, sendo um agente facilitador na tomada de decisão (FRANCISCO et al., 2011).

Portanto, este trabalho objetiva para a bacia hidrográfica da região do médio curso rio Paraíba, avaliar e mapear o potencial da produção agrícola irrigada da mandioca utilizando sistema de informação geográfica.

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.

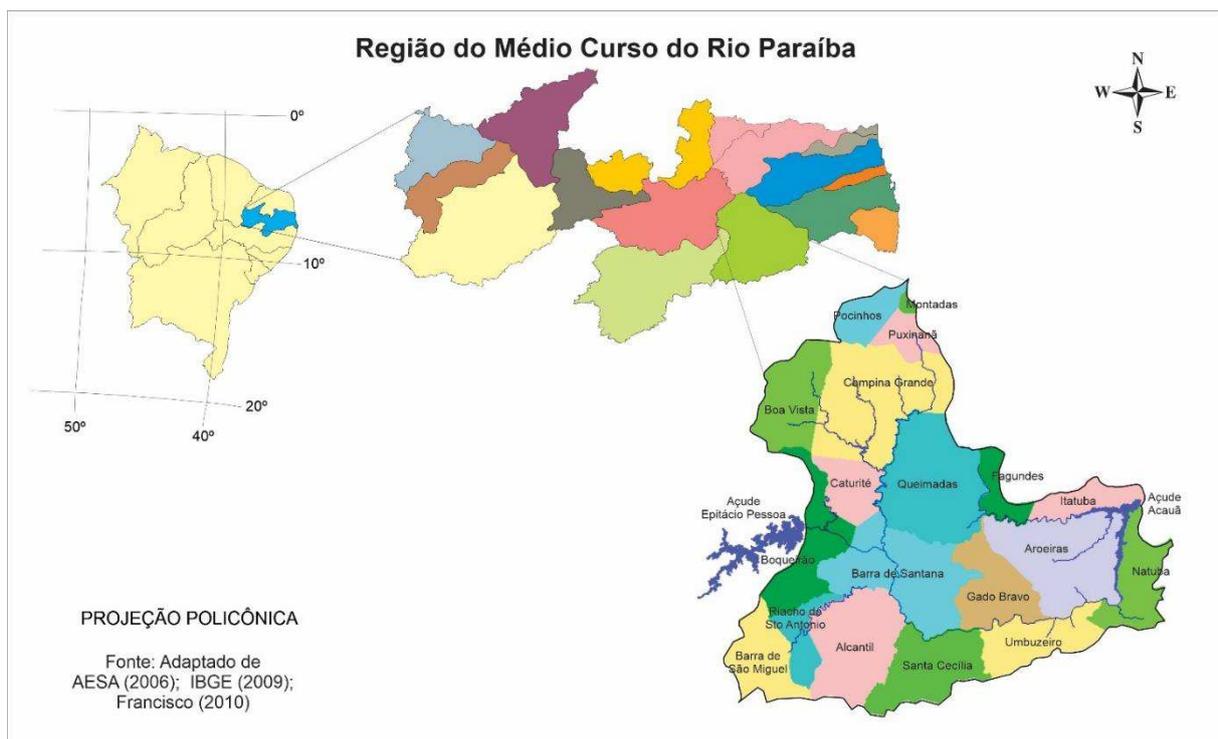


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: adaptado de IBGE (2009); AESA (2021).

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 ($600 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$) 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).

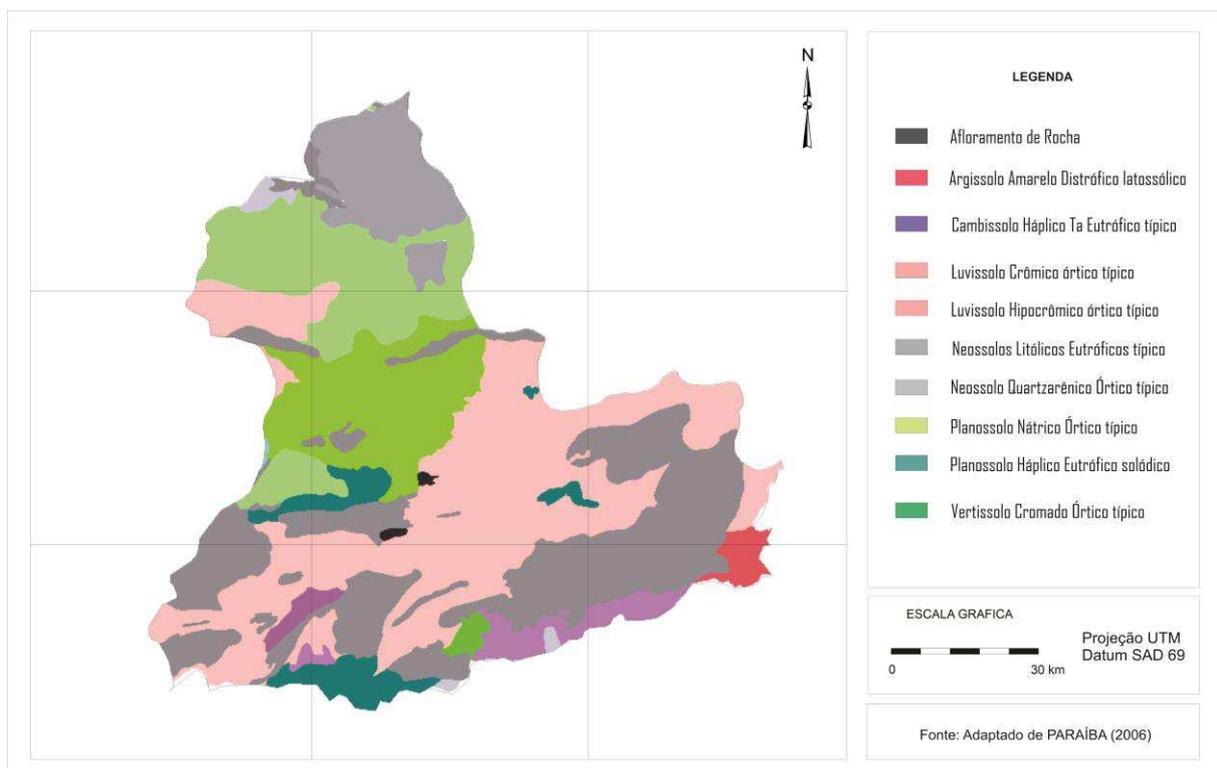


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

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 (PARAÍBA, 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	Capacidade retenção de água no solo			
	Irrigação	T1	T2	T3
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 (AESAs), 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 espacializado utilizando o software Surfer® 9 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 mandioca. 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

Legenda	Condição Climática	Pluviosidade (mm)
C1	Plena	500-550
C2	Plena com período chuvoso prolongado	550-600
C3	Moderada por excesso hídrico	> 600
C4	Moderada por deficiência hídrica	450-500
C5	Inapta por deficiência hídrica acentuada	< 450

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 (Tabela 6). 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.

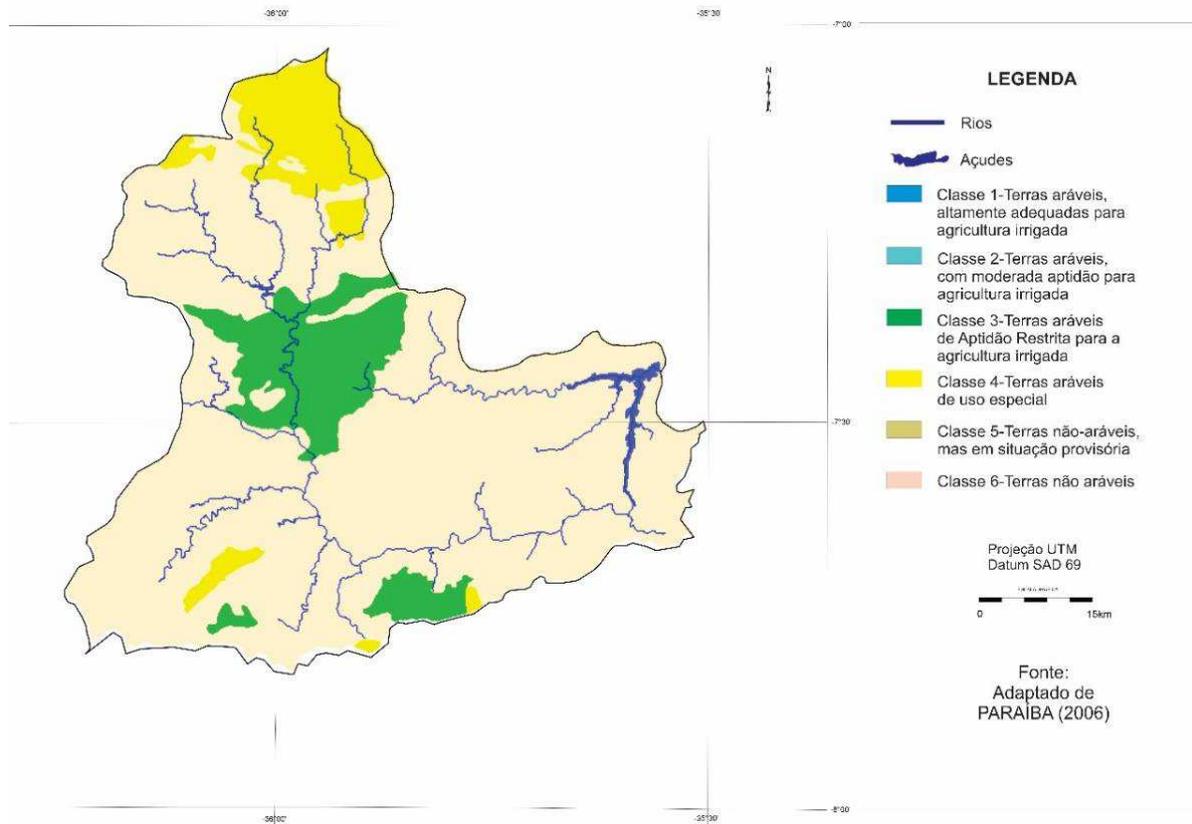


Figura 3. Potencial para irrigação da área de estudo. Fonte: Francisco et al. (2021).

Tabela 6. Classes de irrigação

Classes de Irrigação	ha	%
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	44.264,00	11,67
I 4 Terras aráveis de uso especial	32.029,00	8,44
I 5 Terras não-aráveis, mas em situação provisória	-	-
I 6 Terras não-aráveis	303.113,37	79,89
Total	379.406,37	100,00

Identifica-se 64.041,00 ha de terras do Tipo 1 (Figura 4) representando 16,88% da área total da bacia (Tabela 7). 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.

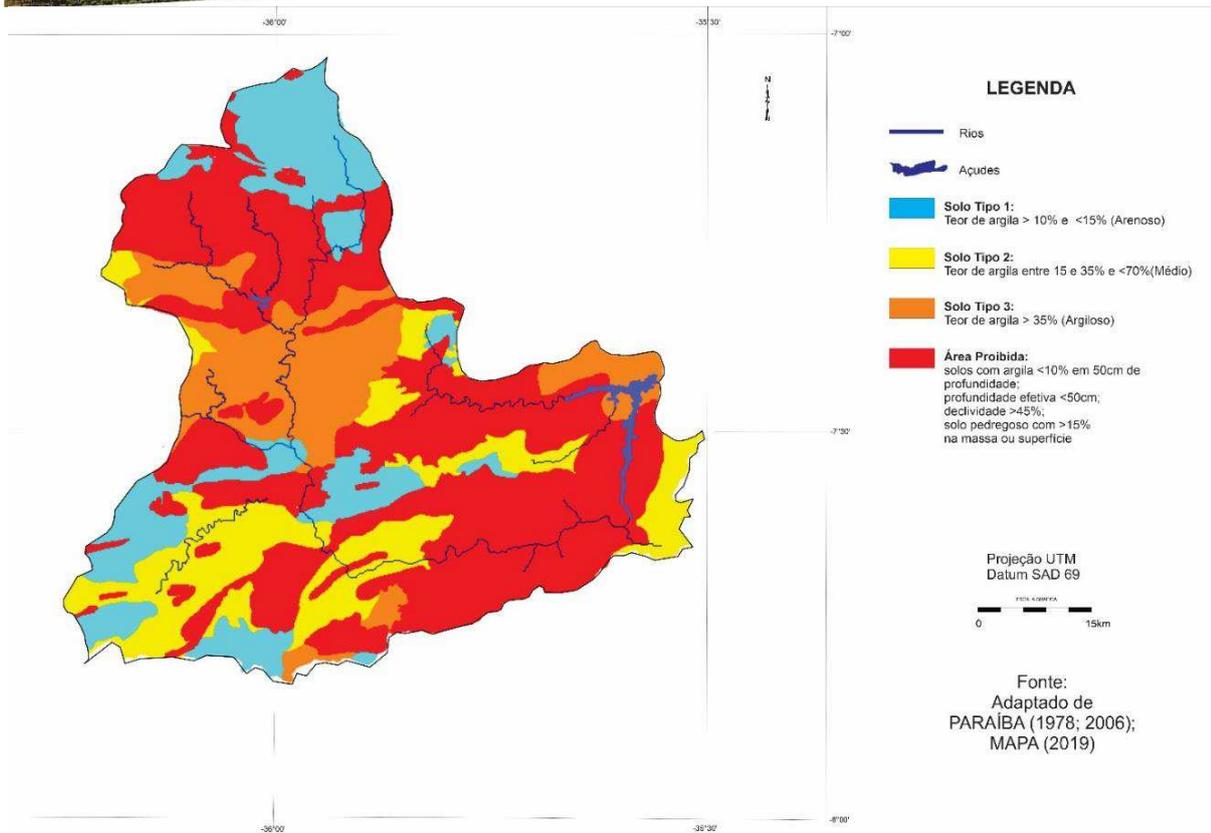


Figura 4. Capacidade de retenção de água no solo da área de estudo.

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

Tabela 7. Distribuição das classes de capacidade de retenção de água pelos solos

Classes de capacidade de retenção de água pelos solos		ha	%
T1 - Tipo 1	Com teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15%	64.041,00	16,88
T2 - Tipo 2	Com solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia	71.135,00	18,75
T3 - Tipo 3	Com solos com teor de argila maior que 35%	64.284,00	16,94
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	179.946,37	47,43
Total		379.406,37	100,00



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 (Tabela 8). 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.

Tabela 8. Recomendação para irrigação

Classe	Subclasse	Área (ha)	%
Muito Alta	MA1/ MA2/ MA3/ MA4	-	-
Alta	A1/ A2	-	-
Média	M1	1.333,71	0,35
	M2	27,00	0,01
	M3	38.293,65	10,09
	M4	4.595,76	1,21
	M5/M6/M7/M8	-	-
Baixa	B1	28.389,78	7,48
	B2	2.870,28	0,76
	B3	-	-
	B4	756,45	0,20
Muito Baixa	MB1	34.340,40	9,05
	MB2	63.543,78	16,75
	MB3	25.769,97	6,79
	MB4	179.485,59	47,31
	MB5/MB6/MB7/MB8/MB9	-	-
Total		379.406,37	100,00

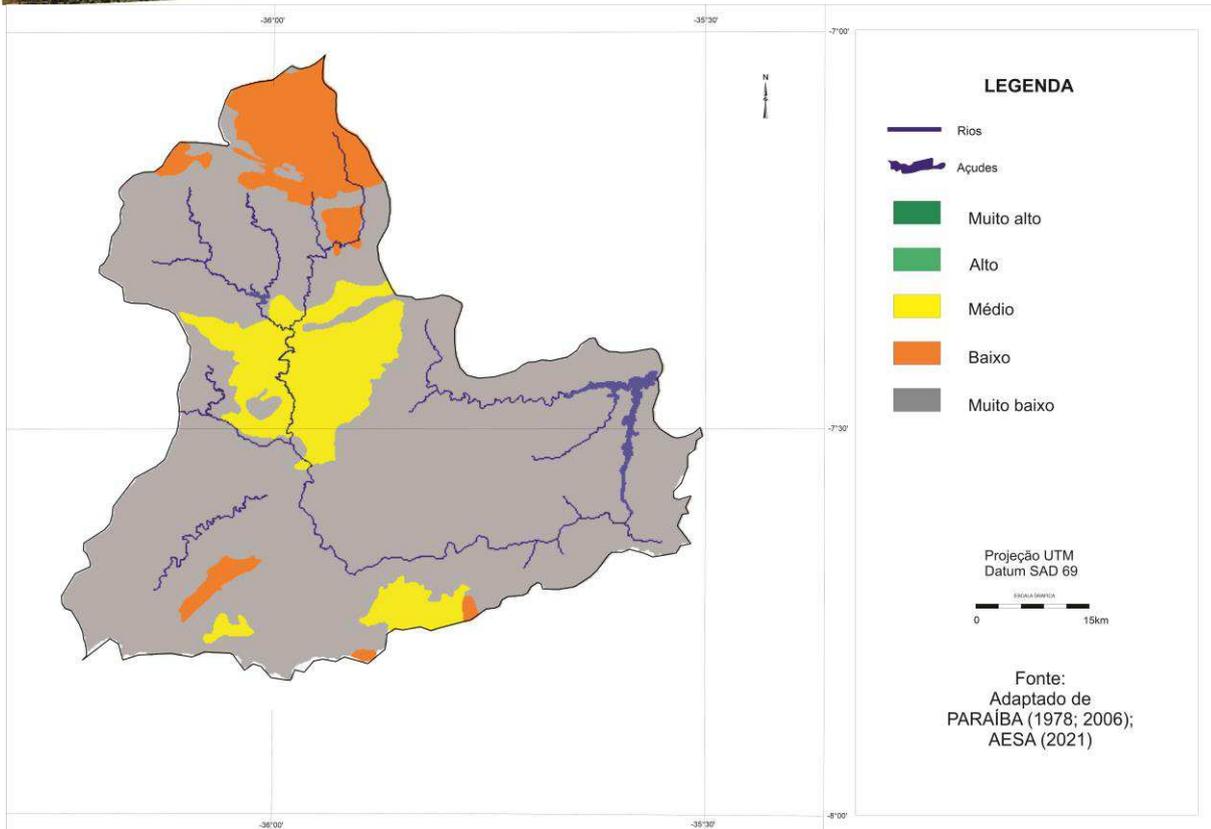


Figura 5. Recomendação para irrigação.

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

No mapa da condição climática para cultura da mandioca (Figura 6), observa-se que 13,67% da área da bacia (Tabela 9) com 51.849,54 ha apresenta condição climática Plena (C1). Essas áreas estão localizadas ao sul da bacia nos municípios de Alcantil e Umbuzeiro, e em Natuba ao leste, e pequena área em Campina Grande e Fagundes ao norte da bacia. Observa-se que 13.486,50 ha (3,55%) apresentam condição climática plena com período chuvoso prolongado (C2). Essas áreas estão localizadas nos municípios de Alcantil e Natuba.

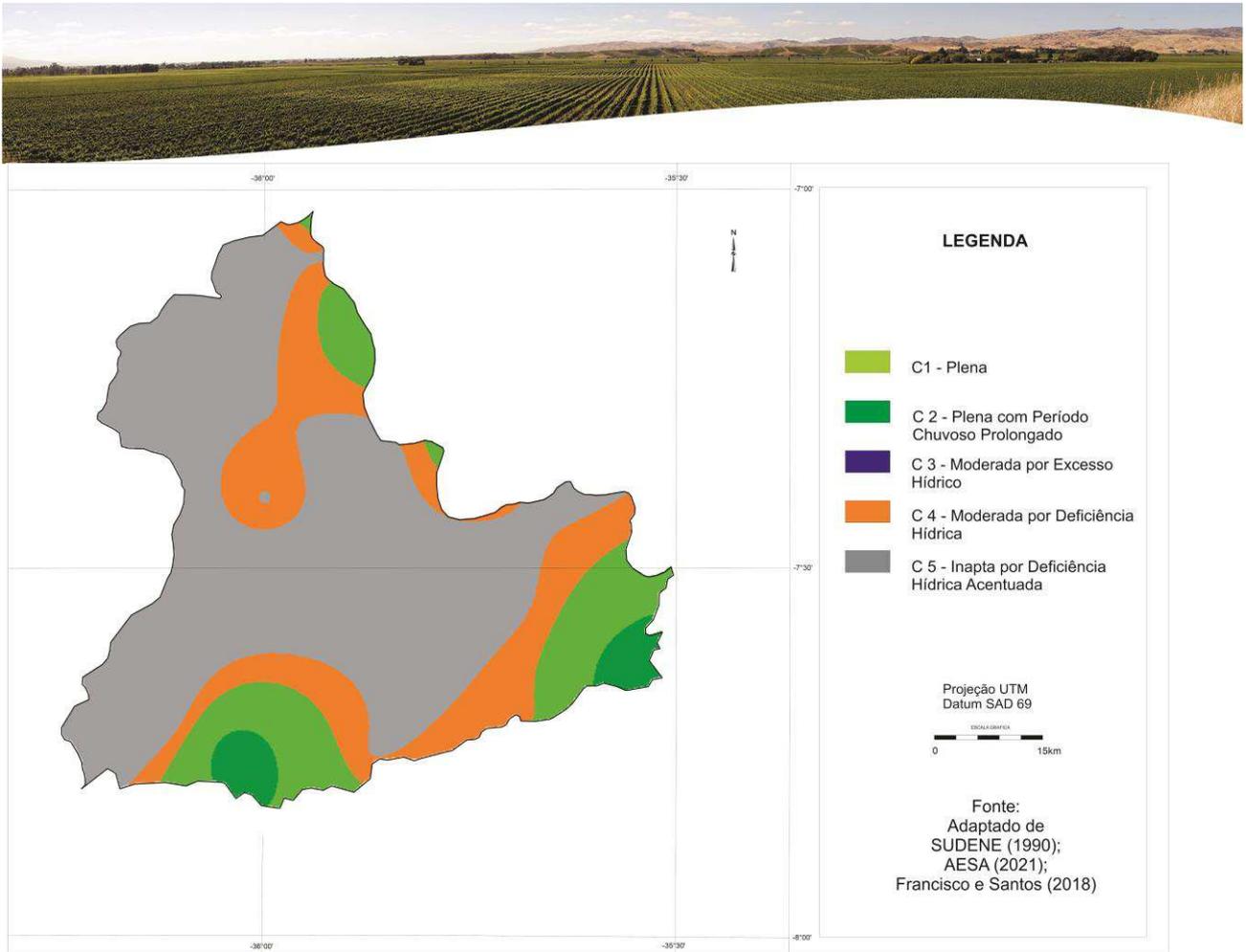


Figura 6. Condição climática para a mandioca.

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

A classe de condição climática moderada por excesso hídrico (C3) não é identificada na bacia para esta cultura. Para a condição climática Moderada por deficiência hídrica (C4), observa-se 79.775,64 ha representando 21,03% do total. Essa área localiza-se no terço inferior da bacia distribuídas pelos municípios de Barra de São Miguel, Alcantil, Umbuzeiros, Aroeiras e Itatuba; no terço superior ao norte entre Campina Grande, Caturité, Queimadas e Puxinanã. As áreas inaptas por deficiência hídrica acentuada (C5) perfazem um total de 234.294,69 ha (61,75%). Estas áreas ocorrem no interior de toda a bacia.

Francisco et al. (2011), elaborando o zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí, região onde neste trabalho os resultados foram similares, observaram que não foi recomendada seu cultivo devido às condições climáticas e/ou condições edáficas exigidas por esta cultura, em função do clima.



Tabela 9. Classes de condição climática da mandioca

Classes	Área	
	ha	%
C1	51.849,54	13,67
C2	13.486,50	3,55
C3		0,00
C4	79.775,64	21,03
C5	234.294,69	61,75
Total	379.350,54	100,00

El-Sharkawy (2004) afirma que o potencial produtivo da planta de mandioca é manifestado em condições de precipitação anual acima de 600mm e sob elevada incidência de radiação solar. Em condições de baixas temperaturas e/ou de déficit hídrico prolongado, a planta de mandioca passa por um período de dormência ou de repouso (ALVES, 2006).

Francisco et al. (2017) relatam que o índice de umidade e os elementos climáticos são determinantes para a definição da aptidão climática da mandioca no Estado da Paraíba. Os autores realizando a aptidão climática da mandioca para o Estado da Paraíba observaram que, as áreas com aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada ocorrem na região semiárida onde se distribuem os menores índices de pluviosidade. Resultado similar encontrado por este trabalho, onde a bacia em estudo encontra-se localizada na área de transição entre o clima As' e Bsh.

Na região Nordeste do Brasil uma das principais justificativas para a baixa produtividade da mandioca é a deficiência hídrica, podendo a produção de raízes sofrer redução de até 62% se o estresse ocorrer entre 30 e 150 dias após o plantio (FUKUDA & IGLESIAS, 1995). El-Sharkawy et al. (1989), em seus resultados cita a grande resistência da mandioca à deficiência hídrica.

De acordo com PARAÍBA (1980), o clima é um fator essencial no planejamento agropecuário de uma região. Sua caracterização através do estudo de parâmetros climáticos reveste-se de uma importância ainda maior, quando se deseja incrementar a produtividade agrícola, principalmente em áreas do contexto semiárido nordestino.

No mapa de potencial de produção agrícola irrigada da cultura da mandioca (Figura 7), observa-se que as classes Muito Alta e Alta não estão representadas no mapeamento.

Os ambientes da classe Média abrangem 12.100,23 ha, representando 3,19% da área total, com ocorrência das subclasses M1, M2 e M8 (Tabela 10). Esta classe ocorre na região norte da bacia nos municípios de Caturité e Queimadas, e pequenas áreas ao sul em Alcantil e Santa Cecília. Notadamente em ambientes por apresentarem solos de potencial pedológico Médio, e condição climática Plena, Plena com período chuvoso prolongado e por Moderada por deficiência.



Tabela 10. Classes de potencial de produção agrícola para a mandioca

Classe	Subclasse	Área (ha)	%
Muito Alta	MA1/ MA2	-	-
Alta	A1/ A2	-	-
Média	M1	459,27	0,12
	M2	851,94	0,22
	M3/M4/M5/M6/M7	-	-
	M8	10.789,02	2,84
Baixa	B1	6.917,94	1,82
	B2/B3	-	-
	B4	12.399,57	3,27
	MB1	43.568,55	11,48
Muito Baixa	MB2	11.966,22	3,15
	MB3	-	-
	MB4	56.305,71	14,84
	MB5/ MB6	-	-
	MB7	27.554,13	7,26
	MB8	16.639,03	4,39
	MB9	191.954,99	50,59
Total		379.406,37	100,00

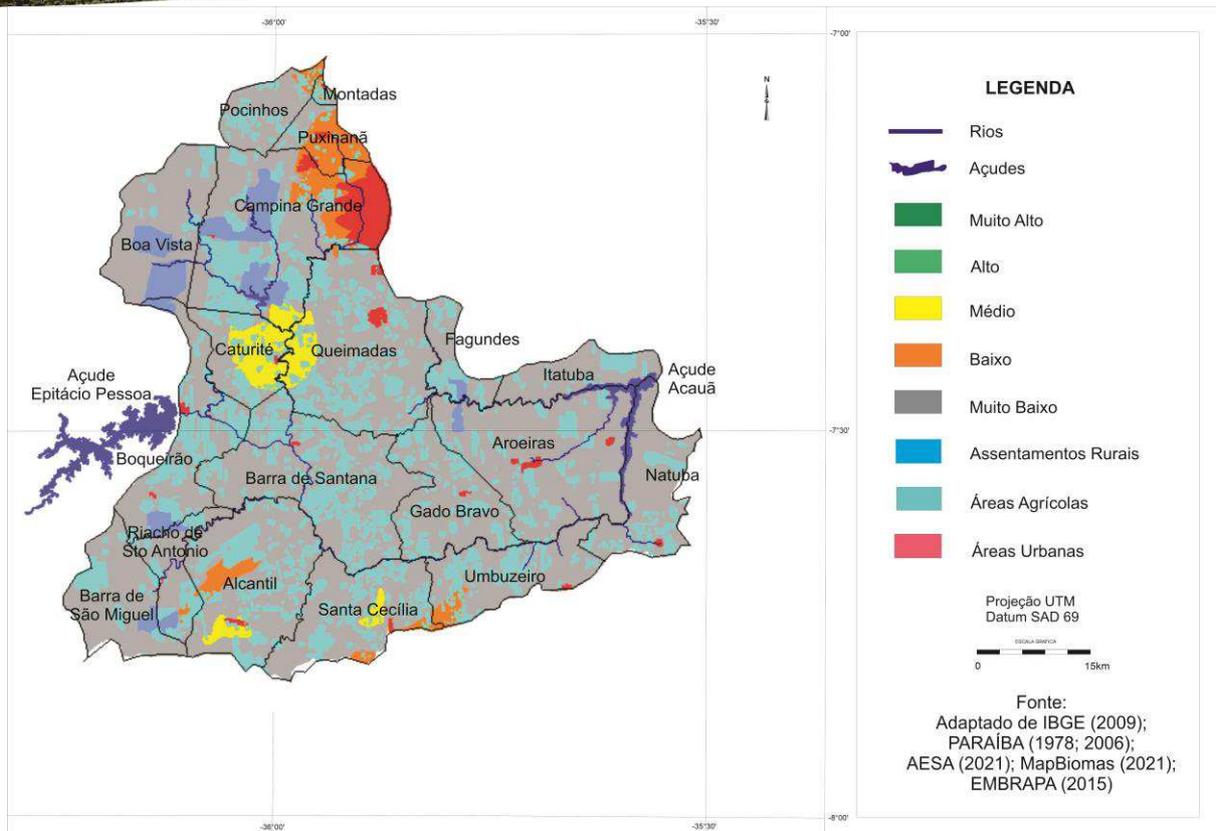


Figura 7. Potencial de produção agrícola para a mandioca.

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 19.317,51 ha, representando 5,09% da área total, com ocorrência das subclasses B1 e B4. Estão localizadas ao norte da bacia em Puxinanã e Campina Grande, e ao sul em Umbuzeiro e região com pequenas áreas.

As áreas de potencial Muito Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 347.988,63 ha, representando 91,72% da área total, com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB4, MB7, MB8 e MB9, predominando a subclasse MB9 (50,59%). Estas classes ocorrem em quase toda a bacia por apresentarem inaptidão dos solos ao plantio e irrigação da cultura.

As áreas do município de Itatuba apresentam pluviosidade anual média de 666mm, sendo o recomendado para a produção da mandioca o mínimo de 1.000mm anuais, portanto aquém da necessidade hídrica da cultura, e estas se localizam sob os Luvissoles que apresentam boa fertilidade e boa profundidade efetiva em que, sob estes aspectos não sendo impedimentos ao cultivo da mandioca.

O município de Umbuzeiro ocorre uma pluviosidade média anual de 793mm sob os Cambissolos com boa drenagem recomendado ao plantio, e em solos Neossolos Litólicos em áreas mais declivosas de pouca profundidade efetiva, portanto não recomendado ao cultivo.



O Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico localizada ao sudeste da bacia divisa com Pernambuco, que de acordo com Francisco (2010), nesta região, são bem profundos e conforme Cavalcante et al. (2005), no Estado da Paraíba, estes solos são usados para culturas de subsistência e em geral consorciados. Os Neossolos Litólicos Eutróficos, que conforme Cavalcante et al. (2005), apresentam baixas condições para um aproveitamento agrícola racional, tendo em vista as limitações fortes existentes, provocadas pelo relevo forte ondulado, pedregosidade, rochosidade e reduzida profundidade dos solos.

Para a cultura da mandioca, os resultados deste mapeamento do potencial de produção agrícola irrigado estão de acordo com os dados do IBGE (2017), no mapeamento da produção, onde para o município de Puxinanã, a produção varia em 100 a 150 ha, em solos da classe média de potencial para produção agrícola irrigada. O município de Queimadas, localizado em solos de potencial médio com produção em 1 a 50 ha, todos localizados ao leste da bacia, área de maior influência da pluviosidade na produção, e os demais municípios sob solos da classe muito baixa, mas com produção da cultura.

Para Cavalcanti (2001), os solos devem ser férteis, bem drenados, ter boa disponibilidade de água e ausência de salinidade. Caso não seja possível a irrigação deve-se dispor de áreas com maior umidade, como áreas a montante e a jusante de açudes.

Francisco e Santos (2018) realizando o mapeamento do potencial pedoclimático do Estado da Paraíba para a cultura da mandioca observaram que, as áreas de potencial muito baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, e estas ocorrem em razão da ocorrência de solos com aptidão baixa e por apresentarem aptidão climática inapta com risco de déficit hídrico acentuado. Francisco et al. (2011), afirmam que esta inaptidão, se relaciona principalmente, com as condições climáticas e/ou condições edáficas exigidas pela cultura, em função das características dos solos e seus atributos, de seus graus de limitações e/ou do clima.

Quanto aos solos, Francisco et al. (2016) mapeando o potencial pedológico da mandioca observaram que, as áreas com potencial baixo ocorrem em áreas de Neossolos Litólicos Eutróficos e Argissolo Amarelo Distrófico arênico fragipânico e os Luvisolo Crômico Órtico típico no Cariri/Curimataú. Resultado similar a este estudo.

De acordo com Khan e Sousa (1991), o cultivo da mandioca pelos pequenos agricultores do Nordeste justifica-se pelos fatores de requer poucos recursos; favorecer a utilização de consórcios; e demanda de mão-de-obra. Por outro lado, além de satisfazer grande parte das necessidades calóricas dos produtores, gera empregos após a colheita, quando do beneficiamento no próprio meio rural.

De acordo com Fischer et al. (2002), os cultivos agrícolas de sequeiro dos pequenos agricultores familiares em áreas rurais dependem diretamente dos recursos naturais. Lavouras como feijão, mandioca e milho que são cultivadas por agricultores familiares segundo esse regime nos



Estados que têm forte inserção de áreas no semiárido são fortemente dependentes da distribuição espacial e temporal das chuvas (PEREIRA, 2018).

Em diversos países africanos a mandioca é considerada uma cultura de segurança alimentar pela sua ampla adaptação a solos marginais e condições irregulares chuvas, condições estas que são limitantes para a maioria das culturas agrícolas convencionais (ADJEBENG-DANQUAH & SAFO-KANTANKA, 2013).

Lemos e Santiago (2020) avaliando a instabilidade temporal na produção agrícola familiar de sequeiro no Semiárido dos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte em lavouras de feijão, mandioca e milho ocupam concluíram que quase toda a área colhida com lavouras temporárias é cultivada em regime de sequeiro e em consórcio, sem utilização de técnicas de irrigação, observaram que as instabilidades temporais aferidas podem ser indicativos indiretos das instabilidades climáticas que aconteceram.

Nas condições de sequeiro do semiárido nordestino, a baixa qualidade e pequena quantidade de material de plantio disponível têm contribuído significativamente para a redução da área cultivada (CAVALCANTI, 2001).

Observa-se que a baixa produção da cultura nestas áreas está de acordo com os resultados obtidos por este estudo, isto devido às condições climáticas exigidas pela cultura. Caso seja utilizada a irrigação complementar para a produção da mandioca nestas áreas recomenda-se seguir a época de plantio e da cultivar mais adequada, como também o manejo adequado da irrigação.

As maiores limitações observadas são devidas as condições de exigências hídricas da cultura e de alguma forma os solos predominantes na área.

Dada a importância dos recursos das terras com potencial de produção agrícola irrigável identificada, e considerando o valor inestimável que apresenta para a economia regional, correspondendo em geral às melhores terras agrícolas, impõem-se a necessidade de um uso e manejo adequado das mesmas, no sentido de se evitar o deterioramento.

Conclusão

O uso de sistema de informação geográfica proporcionou resultados satisfatórios no mapeamento das áreas.

Para cultura da mandioca foi identificada condição climática Plena (C1) em 13,67% do total da bacia; 3,55% na condição climática plena com período chuvoso prolongado (C2); a condição climática moderada por excesso hídrico (C3) não foi identificada; a condição climática Moderada por deficiência hídrica (C4) em 21,03%, a condição inapta por deficiência hídrica acentuada (C5) em 61,75% da bacia.

O potencial de produção agrícola irrigada para a cultura da mandioca não apresentou potencial Muito Alto (MA) e Alto (A), potencial Médio (M) em 3,19% da área, Baixo (B) em 5,09%, Muito Baixo



(MB) em 91,72% da área total.

Referências

- ADJEBENG-DANQUAH, J.; SAFO-KANTANKA, O. Genetic variation in foliage and protein yield of some elite cassava (*Manihot esculenta* crantz) genotypes in Ghana. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, v.1, p.46-55, 2013.
- 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.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, cap. 7, p. 138-169, 2006.
- AMARAL, F. C. S. DO. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na Região Semi-Árida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 218p. Convênio Embrapa Solos/CODEVASF.
- BARROS, A. H. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; TABOSA, J. N. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.
- BASSOI, L. H.; GONDIM, R. S.; RESENDE, R. S.; ANDRADE JUNIOR, A. S. DE. A agricultura irrigada no nordeste do Brasil: estado da arte, desafios e oportunidades. (Org.) RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. O estado da arte da agricultura irrigada no Brasil: desafios e oportunidades. ANA: Brasília, 2017. 328p.
- BUREC. Department of the Interior of United States. Bureau of Reclamation Manual. Irrigated Land use: Land Classification. v.5. pt.2. Denver, 1953. 54p.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. MAGALHÃES, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Escola de Computação. SBC, 1996.
- 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.
- CARVALHO, C. C. N.; ROCHA, W. F.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.1, p.46-55, 2009.
- 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, p.1-10, 2005.
- CAVALCANTE, F. S. Consorciação de mandioca e feijão comum: viabilidade da exploração em agricultura familiar na microrregião do Brejo Paraibano. 80f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2005.



- 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.
- CAVALCANTI, J. Material de plantio de mandioca no semiárido. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Petrolina: 2001. (Circular Técnica n.º 60).
- EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, p.481-501, 2004.
- EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.2, p.143-154, 1989.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Geoinfo. Áreas Urbanas no Brasil em 2015. Disponível em: http://geoinfo.cnpm.embrapa.br/layers/geonode%3Aareas_urbanas_br_15. Acesso em: 11 de novembro de 2021.
- FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. DA. O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras de parte do setor leste da bacia do Rio Seridó, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.2, p.195-198, 1998.
- FISCHER, G.; SHAH, M.; VAN VELTHUIZEN, H. Climate change and agricultural vulnerability. International Institute for Applied Systems Analysis to World Summit on Sustainable Development. Johannesburg: 2002. 160p.
- 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.; LIMA, E. R. V. DE; SANTOS, D.; CHAVES, I. DE B.; BEIRIGO, R. M. Mapeamento do potencial pedológico do Estado da Paraíba para o cultivo da mandioca (*Manieth esculenta Crantz*). In: Encontro de Extensão, Pesquisa e Inovação em Agroecologia, 2, 2016, Sumé. Anais...Sumé, 2016.
- 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.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. DE; OLIVEIRA, F. P. DE. Aptidão climática e pedológica da cultura do feijão caupi para as regiões do agreste e brejo paraibano. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, n.4, p.1557-1570, 2017.



- FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semiáridas. *Revista Brasileira de Mandioca*, v.14, n.1/2, p.17-38, 1995.
- 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.
- KHAN, A. S.; SOUSA, J. DA S. Elasticidades de oferta e demanda de mandioca na região Nordeste. *Revista e Economia Sociologia Rural*, v.29, n.3, p.249-257, 1991.
- LEMONS, J. DE J. S.; SANTIAGO, D. F. Instabilidade Temporal na Produção Agrícola Familiar de Sequeiro no Semiárido do Nordeste Brasileiro. *Revista Desenvolvimento em Questão*, v.16, n.45, p.186-200, 2020.
- 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.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomass – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 de abril de 2022.
- 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. Governo do Estado. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto de Planejamento. Potencial de irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba. FIPLAN-SUBIN-UFPB/CCA-CEPED, 1980. 287p.
- 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 do Semiárido, 2018, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2018.
- SOUSA, A. R. DE; SILVA, A. B. DA; ACCIOLY, L. J. DE O.; LIMA E SÁ, V. A. DE; NUNES FILHO, J.; SIQUEIRA, S. M. Avaliação do potencial das terras do município de Aliança-PE para uso com irrigação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2013.



SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. Clima e solo. In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. O cultivo da mandioca. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica, 37. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2000. p.11-13.

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.



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).

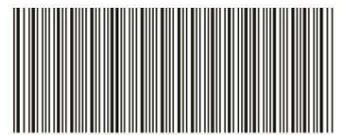
george@ufcg.edu.br

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

Raimundo Calixto Martins Rodrigues: Professor Assistente na Universidade Estadual do Maranhão, possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2003), Mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), Doutorado em Engenharia Agrícola no PPGEA da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de construções rurais e ambiência.

calixto_80@hotmail.com



978-65-00-62641-4