
Agricultura Brasileira e suas Tecnologias

Paulo Roberto Megna Francisco

Viviane Farias Silva

Djail Santos

George do Nascimento Ribeiro

Gypson Dutra Junqueira Ayres



AGRICULTURA BRASILEIRA E SUAS TECNOLOGIAS



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A2781 Agricultura Brasileira e suas Tecnologias/Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2022.

109 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-48259-1

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

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.

As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.

Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



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

2022 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

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

AGRICULTURA BRASILEIRA E SUAS TECNOLOGIAS



1.a Edição
Campina Grande-PB
2022

REALIZAÇÃO



APOIO



SUMÁRIO

<i>VARIABILIDADE ESPACIAL DE QUATRO CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL DO COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM, NOS ANOS 2012, 2017 E 2020.....</i>	<i>6</i>
<i>AVALIAÇÃO DECADAL DA SECA E DA ESTIAGEM NO ESTADO DA PARAÍBA E SEU MAPEAMENTO</i>	<i>23</i>
<i>ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO AMBIENTAL RURAL NO MUNICÍPIO DE ALAGOA NOVA-PB.....</i>	<i>38</i>
<i>POTENCIAL PRODUTIVO DE MANIPUEIRA DE CASAS DE FARINHA EM CRISÓPOLIS-BA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL</i>	<i>54</i>
<i>AVALIAÇÃO DA DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA E USO DAS TERRAS DO MUNICÍPIO DE PATOS-PB UTILIZANDO MAPBIOMAS®</i>	<i>64</i>
<i>GEOTECNOLOGIA APLICADA NA CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA</i>	<i>83</i>
<i>CONSERVAÇÃO DE CÉLULAS DE <i>pseudomonas fluorescens</i> COM BIOPOLÍMEROS E SUA EFICIÊNCIA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE <i>Macrophomina sp.</i>.....</i>	<i>99</i>
<i>Curriculum dos organizadores</i>	<i>108</i>

VARIABILIDADE ESPACIAL DE QUATRO CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL DO COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM, NOS ANOS 2012, 2017 E 2020

Daner Seixas Requia

*Tecnólogo em Agronegócio, Mestre em Agricultura de Precisão, UFSM, Santa Maria-RS,
daner.seixas@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-2542-1069>

José Cardoso Sobrinho

*Eng. Agrícola, Dr. Prof Colégio Politécnico/UFSM, PPGAP/UFSM, Campus Sede Politécnico, Santa Maria,
jcardoso@politecnico.ufsm.br*

 <https://orcid.org/0000-0001-7765-4916>

Luciano Zucuni Pes

*Eng. Agrônomo, Dr. Prof Colégio Politécnico/UFSM, PPGAP/UFSM, Campus Sede Politécnico, Santa Maria,
lucianopes@politecnico.ufsm.br*

 <https://orcid.org/0000-0003-4052-4979>

Introdução

A humanidade enfrenta grandes obstáculos em garantir um bom sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal de suas propriedades rurais. A Agricultura de Precisão trata de uma postura gerencial que considera a variabilidade espacial um meio de maximizar o retorno econômico e minimizar o efeito ao meio ambiente (INAMASU et al., 2011).

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser definida como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e a redução do impacto no ambiente (MOLIN, 2015), em outras palavras, utilizar melhor o campo com suporte da



associação das tecnologias já existentes na agricultura com as geotecnologias, tais como estatística espacial, uso de sistemas de navegação por satélite (GNSS), sensores remotos e não remotos, e os conhecimentos das áreas de topografia e geodésica (GIOTTO, 2016).

Na tentativa de atender à expectativa recente do setor agrícola, alguns pesquisadores afirmaram que estamos vivendo a quarta revolução agrícola, mais conhecida como Agricultura 4.0 (KLERKX & ROSE, 2020).

Dados coletados sobre os atributos do solo são de extrema importância para a tomada de decisão no manejo da fertilidade do solo, pois a variabilidade espacial e temporal na área de produção definirá o melhor processo de tomada de decisão baseado na coleta dessas informações. O Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) do solo são os macronutrientes primários em ecossistemas terrestres, estão diretamente relacionados à fertilidade do solo, crescimento da planta, problemas ambientais e ciclos biogeoquímicos (QUILCHANO et al., 2008; DARILEK et al., 2009; WANG et al., 2012; LIU et al., 2013; YANG et al., 2014; CHENG et al., 2016).

A variabilidade espacial dos nutrientes do solo dependerá de diversos fatores ambientais que incluem o clima, tipo de solo, atividade humana sobre a área. Seus impactos na variabilidade espacial do solo e nutrientes variam em diferentes escalas e regiões (WANG et al., 2009).

A geoestatística é um ramo da estatística que utiliza conceito de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial que não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, pretende também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados (GREGO et al., 2014).

Diante disso, este trabalho objetiva identificar a variabilidade espacial temporal dos nutrientes do solo da área experimental do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município brasileiro de Santa Maria, região central do Rio Grande do Sul conforme a Figura 1. A área de estudo está localizada nas coordenadas geográficas de latitude 29°43'22.50" S e longitude 53°45'9.18" O, com altitude de 113 metros. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa – temperado chuvoso e quente, com nenhuma estação seca, úmido o ano todo, com temperatura entre 3 e 18°C no inverno, verão a média superior a 22°C. De acordo com Pereira (1989), situa-se numa zona de transição entre o Planalto Meridional Brasileiro e a Depressão Central do Rio Grande do Sul. O Planalto, formado basicamente por rochas sedimentares, tem seu relevo levemente inclinado, sendo sua elevação de maior destaque a Serra Geral, uma zona agrícola de uso intensivo; e a Depressão Central, áreas de campos limpos e pastagens. De acordo com EMBRAPA (2006) o solo da



região é o Argissolo Bruno acinzentado, textura média, friáveis e imperfeitamente drenados, solos ácidos e com saturação de bases baixa nos horizontes mais superficiais, aumentando estes valores à medida que o perfil se aprofunda.

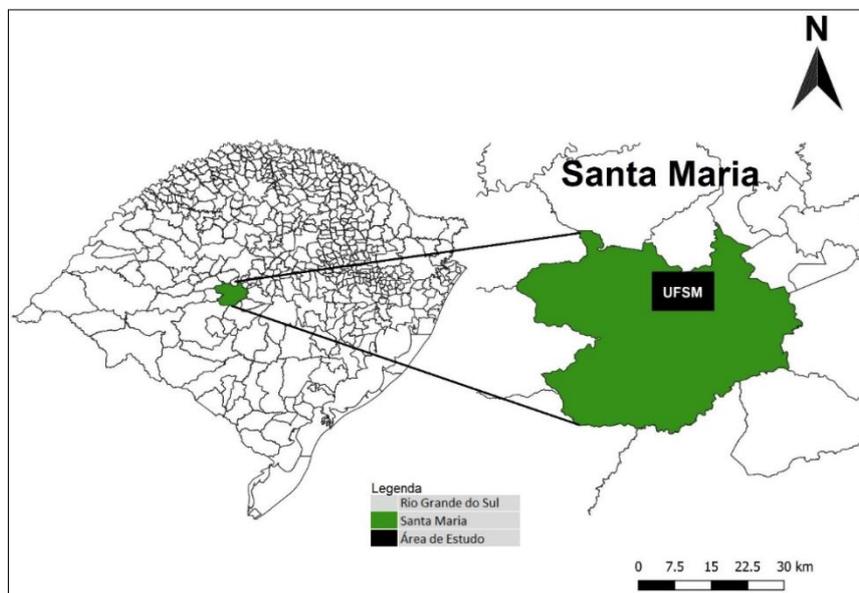


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O estudo foi realizado a partir de um banco de dados coletados em três anos de amostragem (2012, 2017 e 2020), onde foram utilizadas diferentes glebas na área experimental da UFSM, totalizando em 15 áreas para a análise. Tendo ênfase nas variáveis do Fósforo (P), Potássio (K), Potencial Hidrogeniônico (pH) e Saturação por base (%) utilizando como base os Manuais de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina de 2004 e 2016 (SBCS, 2004; 2016).

Foram utilizadas as classes 3 e 4 para P (Fósforo), conforme Tabela 1 e classes 2 e 3 para K (Potássio) conforme Tabela 2. Para pH H₂O (pH em água) e saturação por base (%) foi utilizada a Tabela 3.

Tabela 1. Interpretação do teor de fósforo no solo

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila mg de P/dm ³			
	1	2	3	4
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 18,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	> 18,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

Legenda: Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%.

Fonte: Adaptado de SBCS (2016).



Tabela 2. Interpretação do teor de potássio no solo

Classe de disponibilidade	CTC pH 7,0 do solo mg de K/dm ³			
	1	2	3	4
Muito baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21 – 40	30 – 60	41 – 80	45 – 90
Médio	40 – 60	61 – 90	81 – 120	91 – 135
Alto	61 – 120	91 – 180	121 – 240	135 – 270
Muito alto	> 120	> 180	> 240	> 270

Legenda: Teores de argila: classe 1 = ≤ 7,5; classe 2 = 7,6 a 15,0; classe 3 = 15,1 a 30,0; classe 4 = > 30,0. Fonte: Adaptado de SBCS (2016).

Tabela 3. Interpretação dos valores do pH em água, saturação da CTC por bases e por alumínio

Classe de disponibilidade	Valores de pH em água, saturação da CTC por bases e por alumínio		
	pH em água	Saturação por bases	Saturação por alumínio
Muito baixo	≤ 5,0	< 45	< 1
Baixo	5,1 – 5,4	45 – 64	1 – 10
Médio	5,5 – 6,0	65 – 80	10,1 – 20
Alto	> 6,1	> 80	> 20

Legenda: Os valores analíticos referem-se somente às faixas de interpretação especificadas, não havendo, necessariamente, correspondência entre si. Por exemplo: em valores altos de pH (> 6,0), geralmente a saturação por bases é alta (> 80 %), mas a saturação por alumínio é muito baixa (< 1 %). Fonte: Adaptado de SBCS (2004).

Para o ano de 2012 foram utilizadas 7 glebas denominadas Erva-Mate, Diogo-Taquareira, Várzea, Vossoroça Norte-Vossoroça-Sul e Mangueira. Para o ano de 2017 foram utilizadas 5 glebas denominadas Erva-Mate, Diogo-Taquareira, Vossoroça-Norte-Vossoroça-Sul. Para o ano de 2020 foram utilizadas 6 glebas denominadas Erva-Mate, Diogo-Taquareira, Várzea, Carrapicho e Campo Nativo.

Os dados da análise química do solo foram construídos utilizando o software Office Excel[®]. Após, foi reconfigurado para o formato shapefile e importado no software QGIS[®] Desktop 3.20.1.

O software QGIS foi utilizado para a elaboração dos mapas das análises químicas estimadas dos dados. A ferramenta Bing Satellite do plugin Quick Map Services foi utilizada para referenciar pelo sistema geodésico SIRGAS 2000/UTM. Foram criadas camadas para cada ano do estudo, com os dados obtidos e realizada interpolação IDW utilizando os valores máximos e mínimos dos pontos de dados de amostra; resultando em uma camada Raster.



Resultados e Discussão

A seguir, as ilustrações demonstram o comparativo dos níveis de fertilidade do Fósforo (P), do Potássio (K), do pH H₂O e da saturação por base dada em porcentagem de acordo com suas classes.

A Figura 2 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Fósforo (P) onde observa-se que em 2012 (a) o talhão Erva-Mate apresenta média de 18,75, em 2017 (b) média de 18,93, e em 2020 (c) média de 17,8. É notável a melhora da correção de P desde 2012 até 2020.

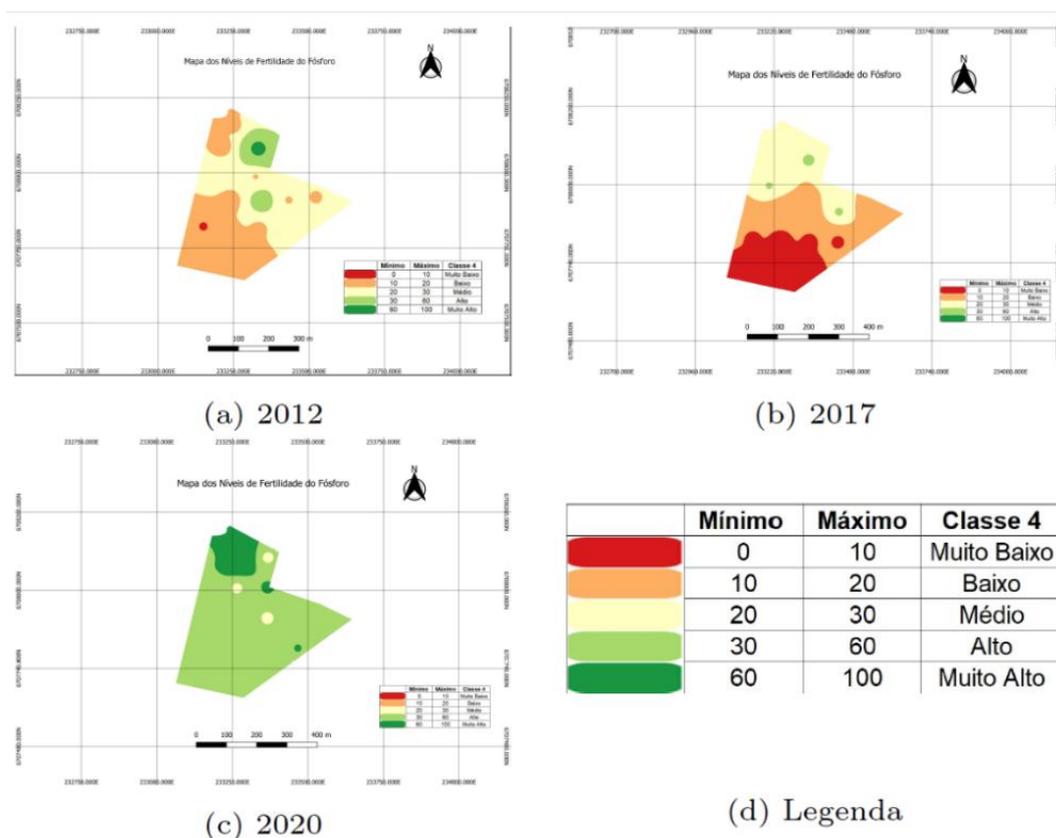


Figura 2. Níveis de fertilidade do Fósforo (gleba Erva-Mate).

A Figura 3 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Fósforo (P). Na média da argila, observa-se que em 2012 (a) os talhões Diogo-Taquaireira apresentam 26,23, em 2017 (b) média de 27,46, e em 2020 (c) média de 23,5.

Ao analisar as glebas Erva-Mate (Figura 2) e Diogo-Taquaireira (Figura 3), identifica-se melhora na correção em P de 2012 até 2020. Pantano et al. (2016), afirmam que o P é um nutriente crítico, e a quantidade exigida pelas culturas está aumentando devido à busca por altas produtividades e que não há elementos que substituam as funções vitais do P nos organismos vivos.

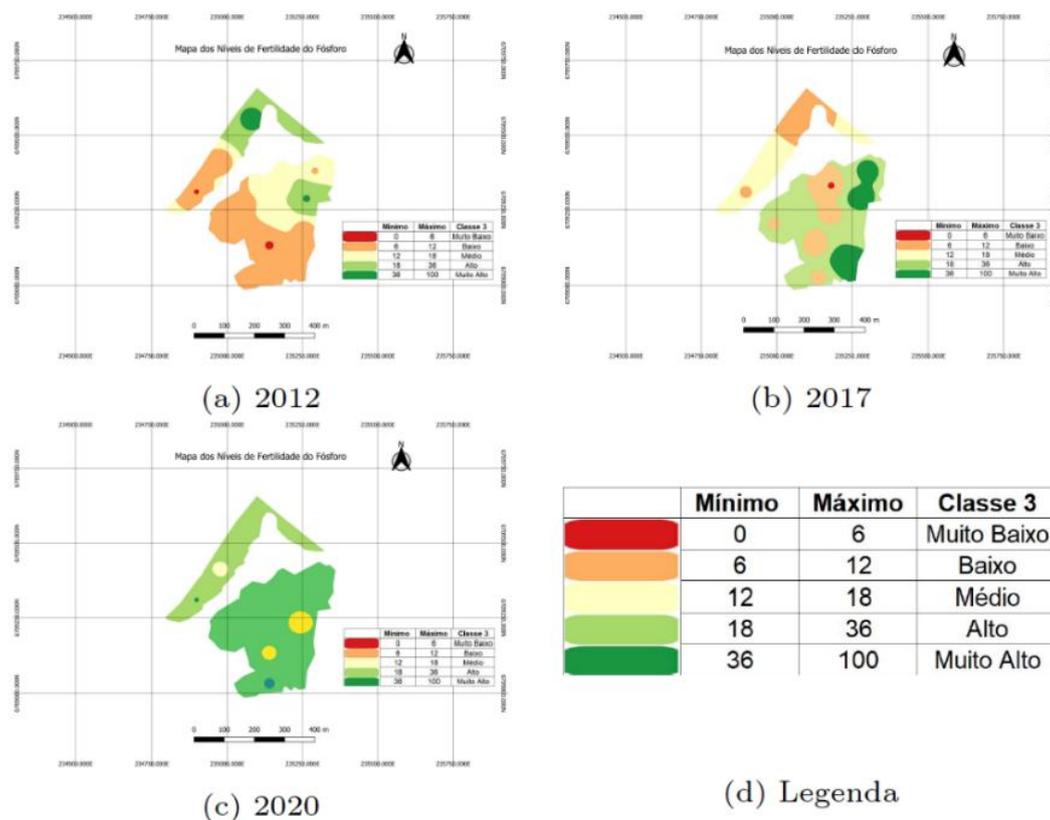


Figura 3. Níveis de fertilidade do Fósforo (Diogo-Taquareira).

A Figura 4 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Fósforo (P). Observa-se que em 2012 (a) o talhão Várzea apresenta média de 18,42, e em 2020 (b) média de 18,20. Nota-se que, de 2012 para 2017 ainda existe necessidade de correção para o solo para P. Pereira (2009) afirma que, o Fósforo (P) é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento atribuído à sua fixação pelos minerais da argila, e esse elemento tem presença relevante nos solos tropicais que apresentam elevados teores de óxidos de ferro e de alumínio – com os quais o P tem grande afinidade.

A Figura 5 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Fósforo (P). Observou-se que em 2012 (a) os talhões Vossoroca Norte e Vossoroca Sul apresentam média de 21,12, e em 2017 (b) média de 23,76. Machado et al. (2021) apresenta um estudo com a média de ambos os talhões, conforme Classe 3, onde para o ano de 2012 está entre 12 e 18 e para o ano de 2017 entre 6 e 12.

A Figura 6 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Potássio (K). Ao média do CTC pH7, nota-se que em 2012 (a) o talhão Erva-Mate apresenta média de 14,50, em 2017 (b) média de 14,30, e em 2020 (c) média de 11,00. Na análise dos talhões Erva-Mate (Figura 5) e Diogo-Taquareira (Figura 6), nota-se uma constância corretiva com o K para os anos em estudo.

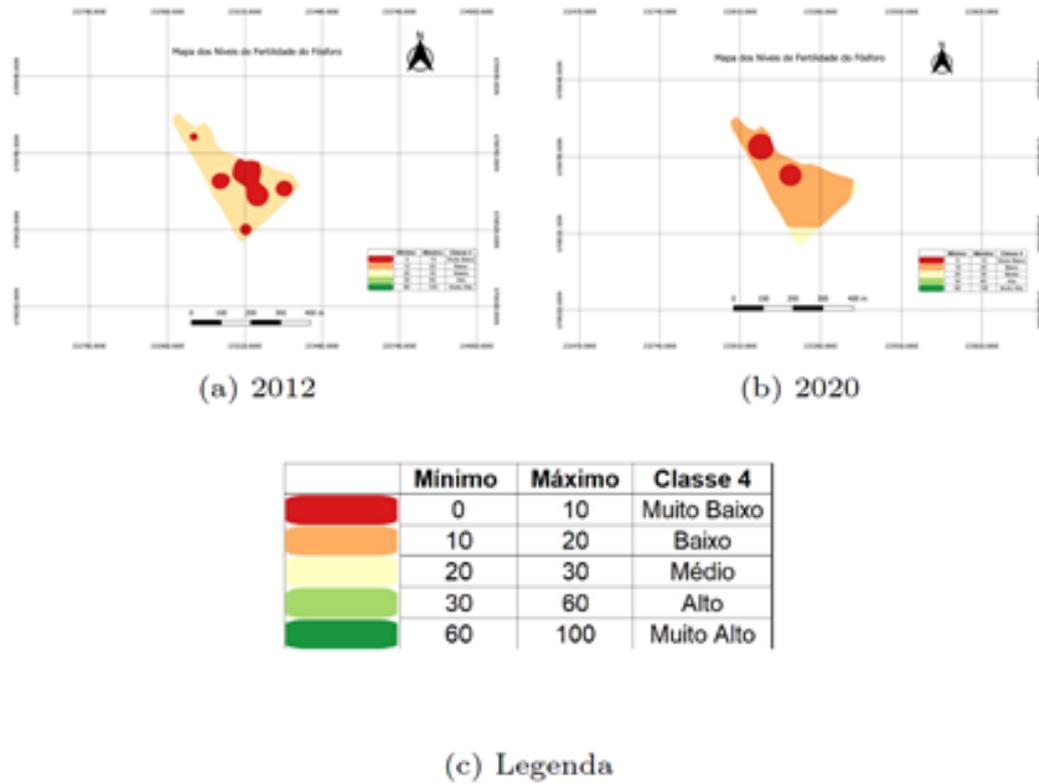


Figura 4. Níveis de fertilidade do Fósforo (Várzea).

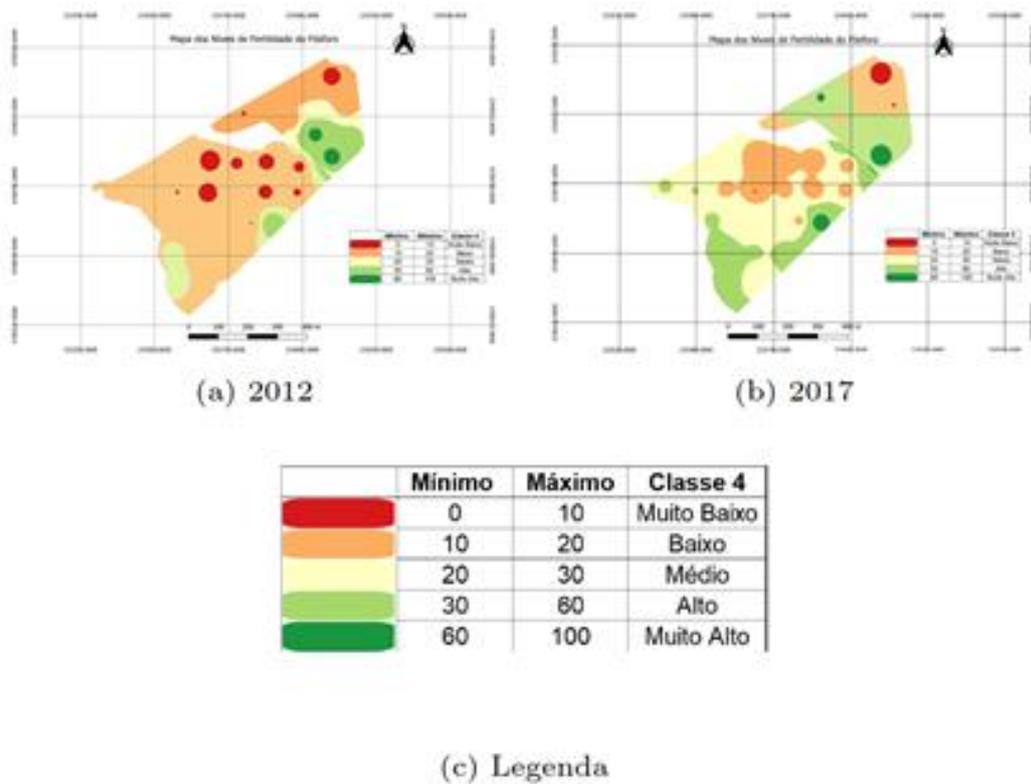


Figura 5. Níveis de fertilidade do Fósforo (Vossoroça Norte e Sul).

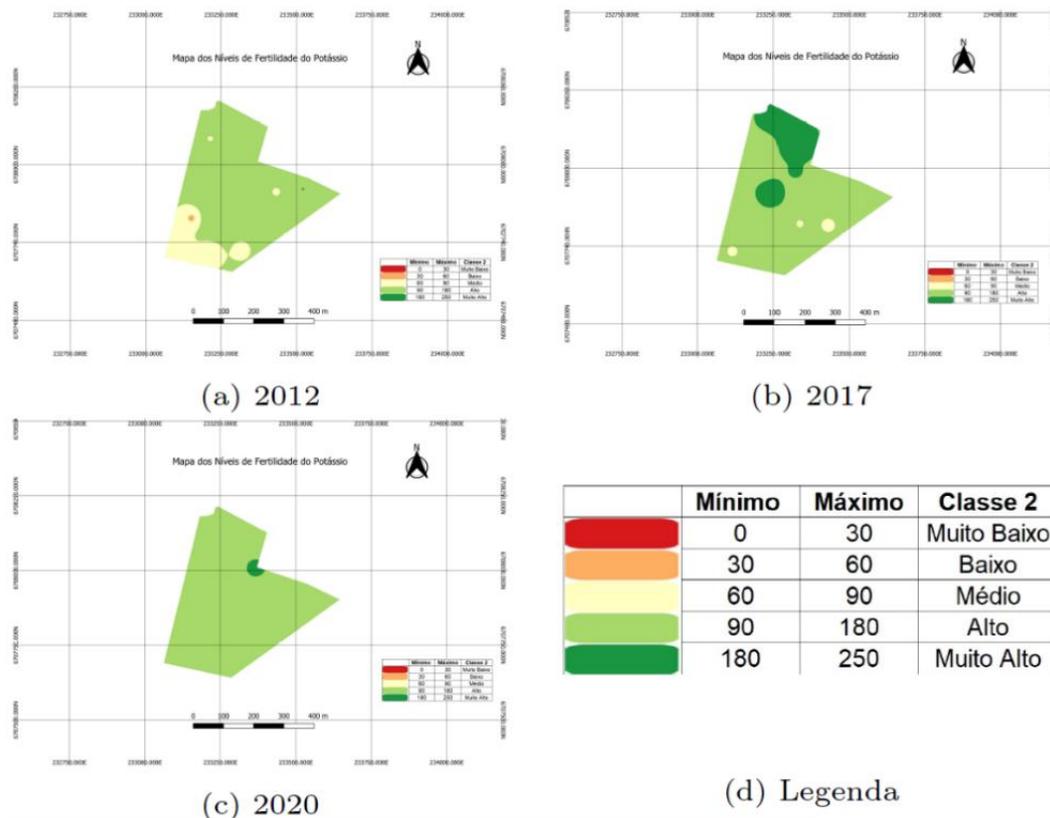
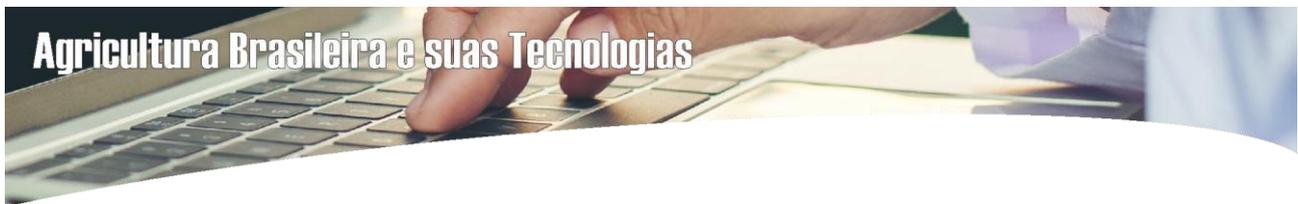


Figura 6. Níveis de fertilidade do Potássio (Erva-Mate).

A Figura 7 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Potássio (K). Na média do CTC pH7, observa-se que em 2012 (a) os talhões Diogo e Taquaireira apresentam 20,8, em 2017 (b) média de 20,4 e em 2020 (c) média de 18,6.

A Figura 8 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Potássio (K). Na média do CTC pH7, observa-se que em 2012 (a) o talhão Várzea apresenta média de 16,90 e em 2020 (b) média de 15,50.

De acordo com Vasconcelos et al. (2015), no solo, o Potássio possui pouca mobilidade, portanto, adubações de cobertura devem ser observadas com cuidado, principalmente, quando em solos argilosos. Algumas vezes, para repor o K extraído, recomenda-se sua aplicação em cobertura.

A Figura 9 ilustra o comparativo dos níveis de fertilidade do Potássio (K). Na média do CTC pH7, observa-se que em 2012 (a) os talhões Vossoroca Norte e Vossoroca Sul apresentam 22,3 e em 2017 (b) média de 20,1.

Machado et al. (2021), avaliando a mesma área identificou que, em 2012 o valor estava situado entre 80 e 120 (média) totalizando a maior parte, e no ano de 2017 ainda se manteve nos valores entre 80 e 120 com maior concentração, havendo uma pequena redução desse atributo.

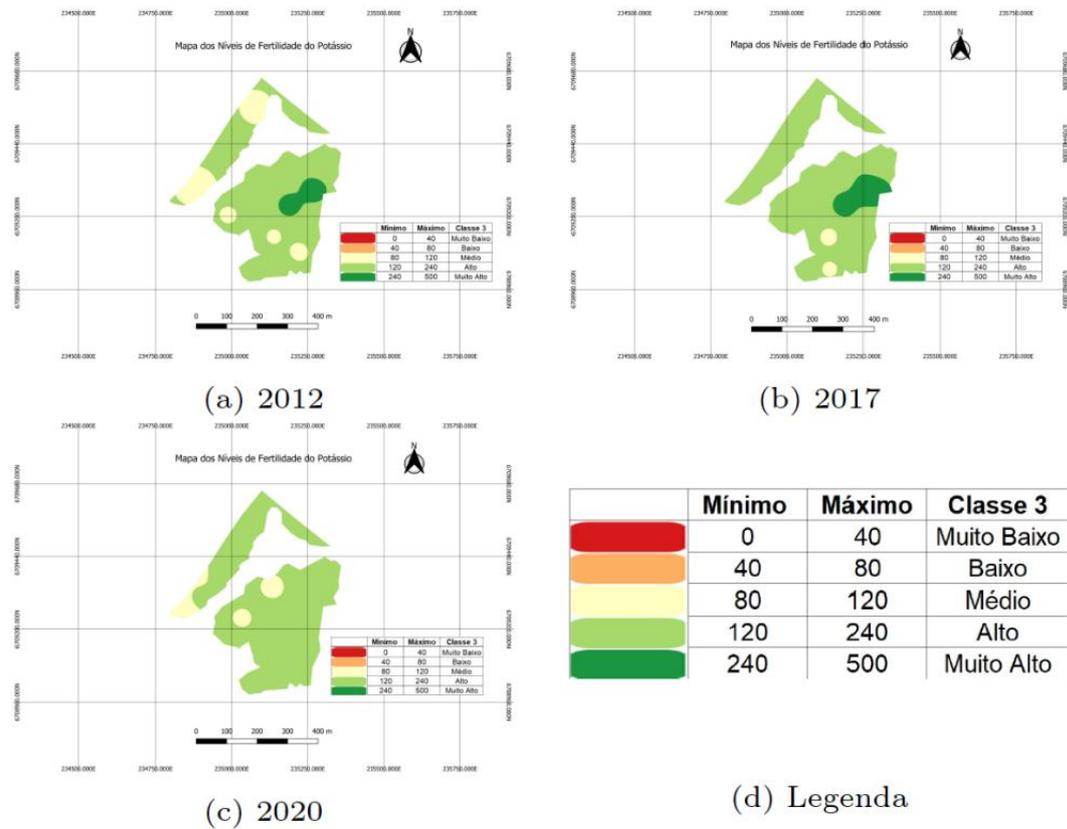


Figura 7. Níveis de fertilidade do Potássio (Diogo-Taquaireira).

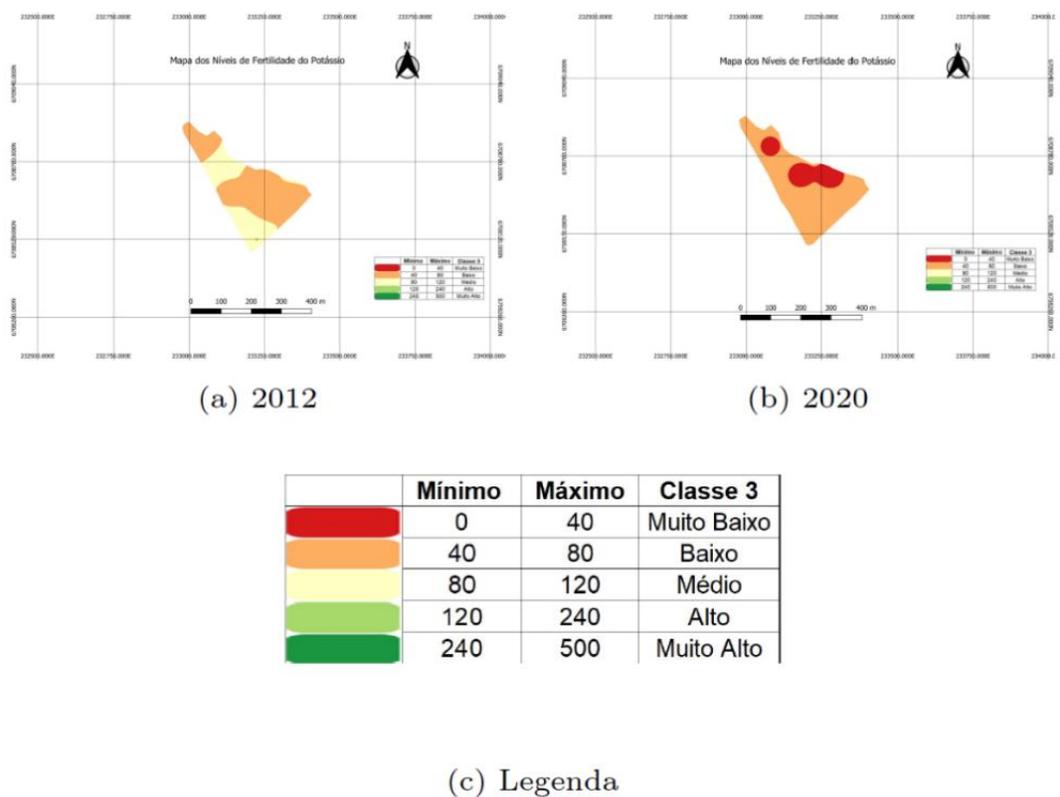
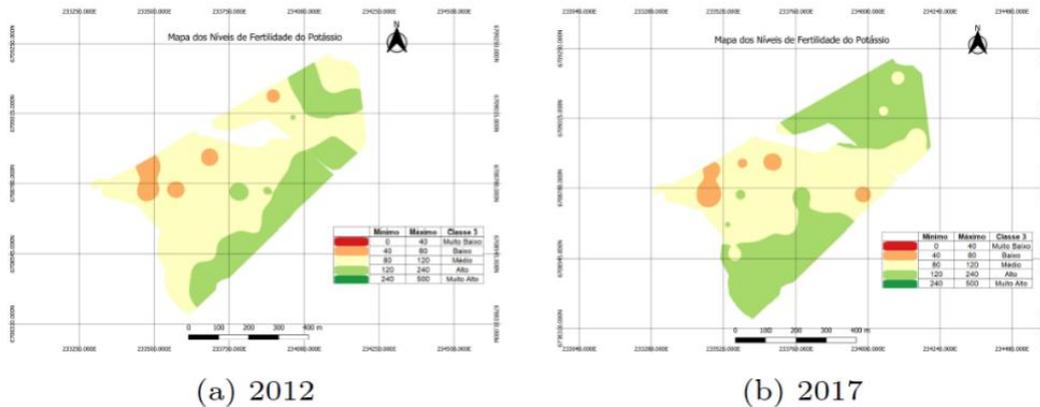
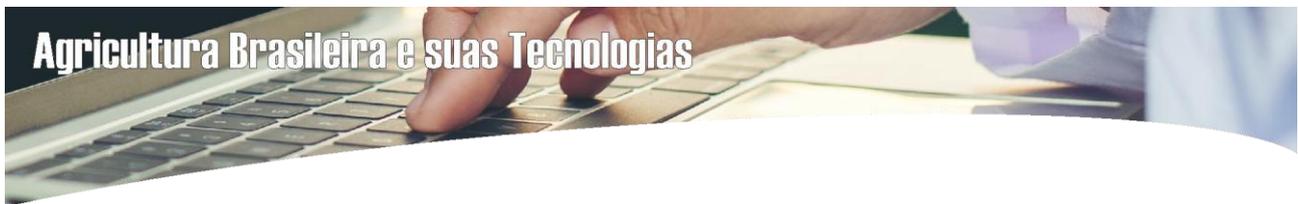


Figura 8. Níveis de fertilidade do Potássio (Várzea).



(a) 2012

(b) 2017

	Mínimo	Máximo	Classe 3
	0	40	Muito Baixo
	40	80	Baixo
	80	120	Médio
	120	240	Alto
	240	500	Muito Alto

(c) Legenda

Figura 9. Níveis de fertilidade do Potássio (Vossoroca Norte e Sul).

A Figura 10 ilustra o comparativo dos níveis de pH (H₂O). Na média do pH (H₂O), em 2012 (a) o talhão Erva-Mate apresenta 5,4, em 2017 (b) média de 5,3 e em 2020 (c) média de 5,9.

A Figura 11 ilustra o comparativo dos níveis de pH (H₂O). Na média do pH (H₂O), em 2012 (a) as glebas Diogo e Taquaireira apresentam 5,3, em 2017 (b) média de 5,4 e em 2020 (c) média de 5,8.

Ao analisar as glebas Erva-Mate (Figura 9) e Diogo-Taquaireira (Figura 10), nota-se uma correção constante ao decorrer dos três anos de estudo, onde os níveis de fertilidade apresentam indicador de Muito Alto em 2017, mantendo a homogeneidade do pH em água. Gama (2004) afirma que, a acidez ativa apresenta diversas formas de ser representada, sendo o pH em água ainda bastante empregado por representar condições naturais.

A Figura 12 ilustra o comparativo dos níveis de pH (H₂O), onde observa-se que em 2012 (a) o talhão Várzea apresenta média de 4,9 e em 2020 (b) média de 5,2.

A Figura 13 ilustra o comparativo dos níveis de pH (H₂O). A média do pH (H₂O), em 2012 (a) os talhões Vossoroca Norte e Vossoroca Sul apresentam 5,1 e em 2017 (b) média de 5,3.

Machado et al. (2021), obtiveram resultados das médias semelhantes, onde a média do pH para o ano de 2012 ficou em torno de 5,07 e no ano de 2017 de 5,34. A estratégia adotada foi a realização da correção do pH nas áreas em defasagem a fim de manter a homogeneidade das áreas.

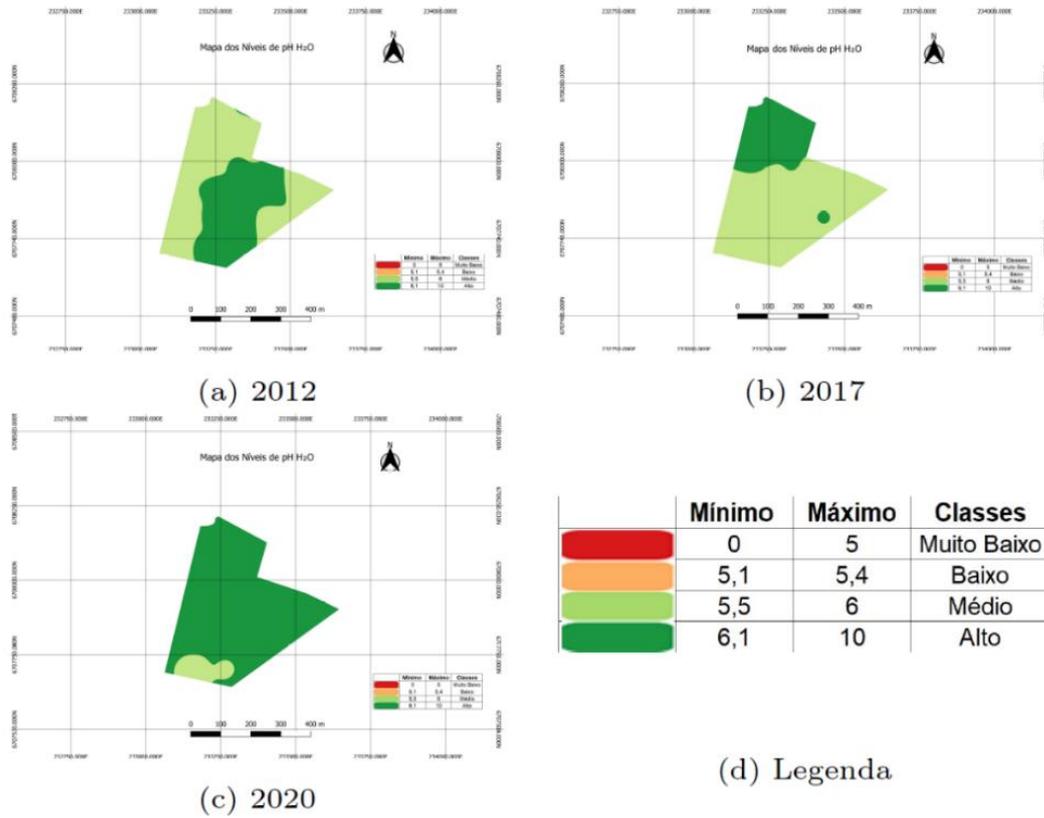


Figura 10. Níveis de fertilidade do pH (Erva-Mate).

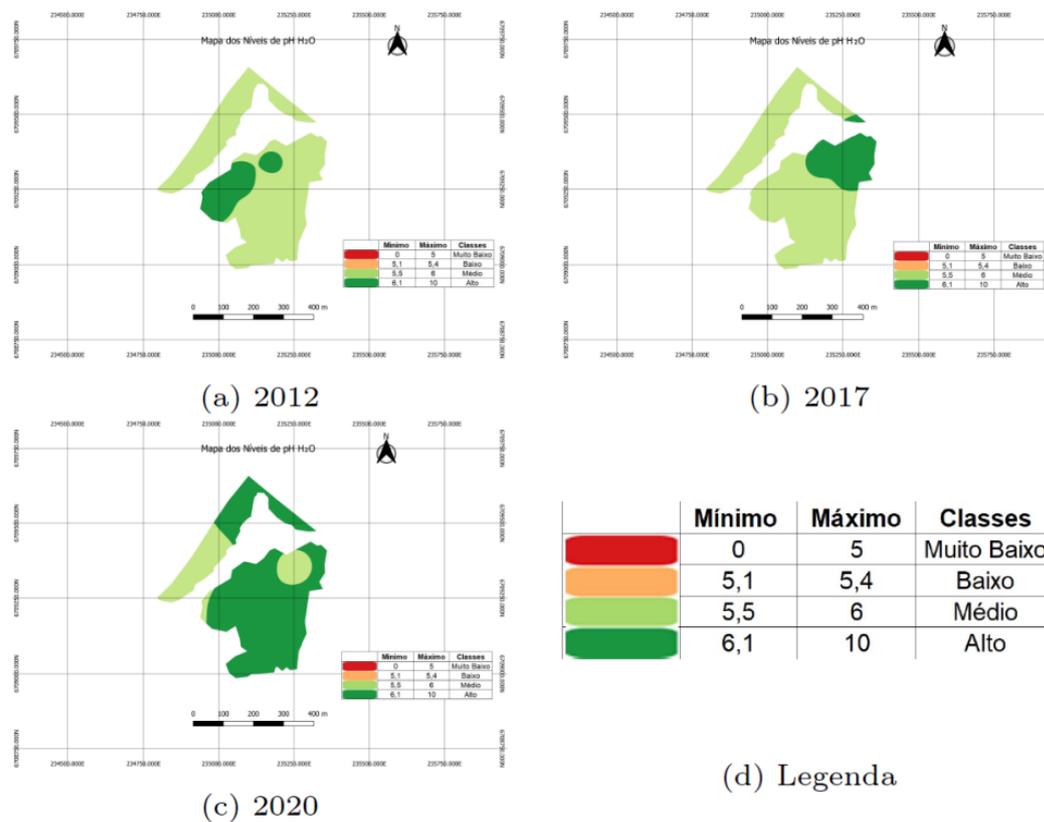
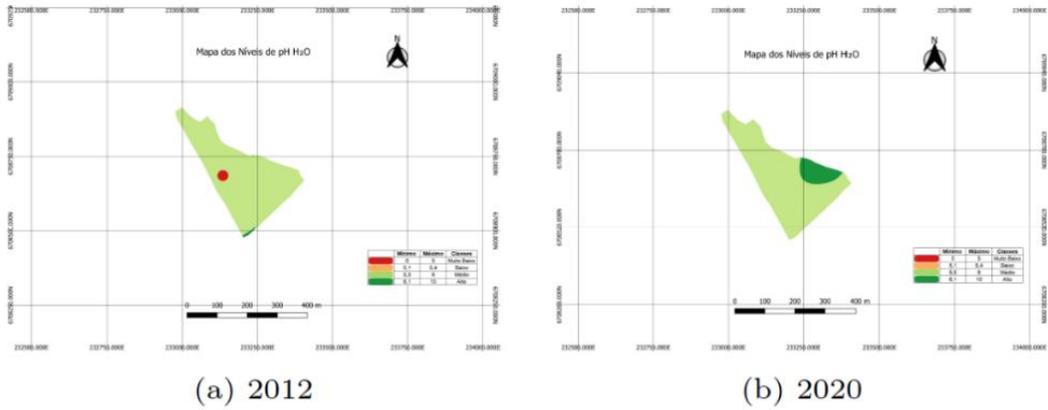
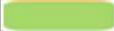


Figura 11. Níveis de fertilidade do pH (Diogo-Taquareira).



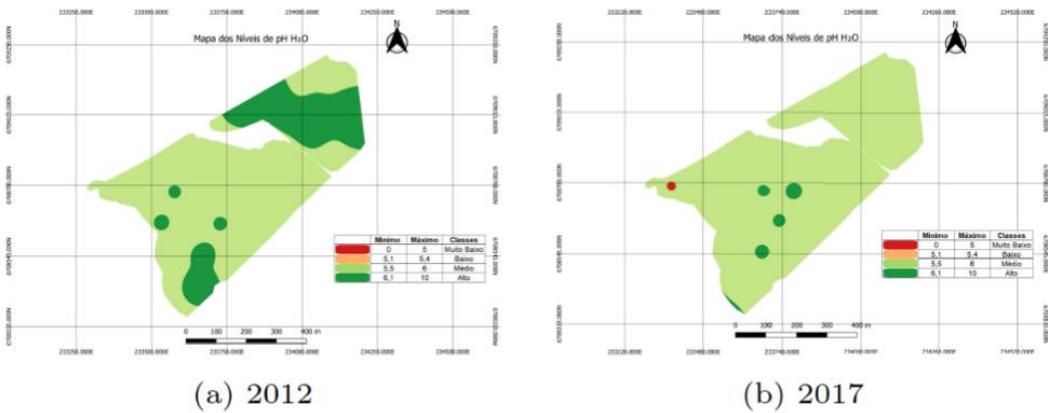
(a) 2012

(b) 2020

	Mínimo	Máximo	Classes
	0	5	Muito Baixo
	5,1	5,4	Baixo
	5,5	6	Médio
	6,1	10	Alto

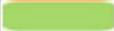
(c) Legenda

Figura 12. Níveis de fertilidade do pH (Várzea).



(a) 2012

(b) 2017

	Mínimo	Máximo	Classes
	0	5	Muito Baixo
	5,1	5,4	Baixo
	5,5	6	Médio
	6,1	10	Alto

(c) Legenda

Figura 13. Níveis de fertilidade do pH (Vossoroca Norte e Sul).



A Figura 14 ilustra o comparativo dos níveis de Saturação por Base (%). Na média de saturação por base, em 2012 (a) o talhão Erva-Mate apresenta 65,1, em 2017 (b) média de 68,6 e em 2020 (c) média de 61,6.

A Figura 15 ilustra o comparativo dos níveis de Saturação por Base. A média de saturação por base, em 2012 (a) os talhões Diogo e Taquareira apresentam 65,9, em 2017 (b) média de 75,5 e em 2020 (c) média de 71.

A Figura 16 ilustra o comparativo dos níveis de Saturação por Base. Na média de saturação por base, em 2012 (a) o talhão Várzea apresenta 58,2 e em 2020 (b) média de 50,5.

A Figura 17 ilustra o comparativo dos níveis de Saturação por Base. Na média de saturação por base, em 2012 (a) os talhões Vossoroca Norte e Vossoroca Sul apresentam 69,4 e em 2017 (b) média de 73,9. Ao comparar os mapas é possível notar uniformidade entre os anos.

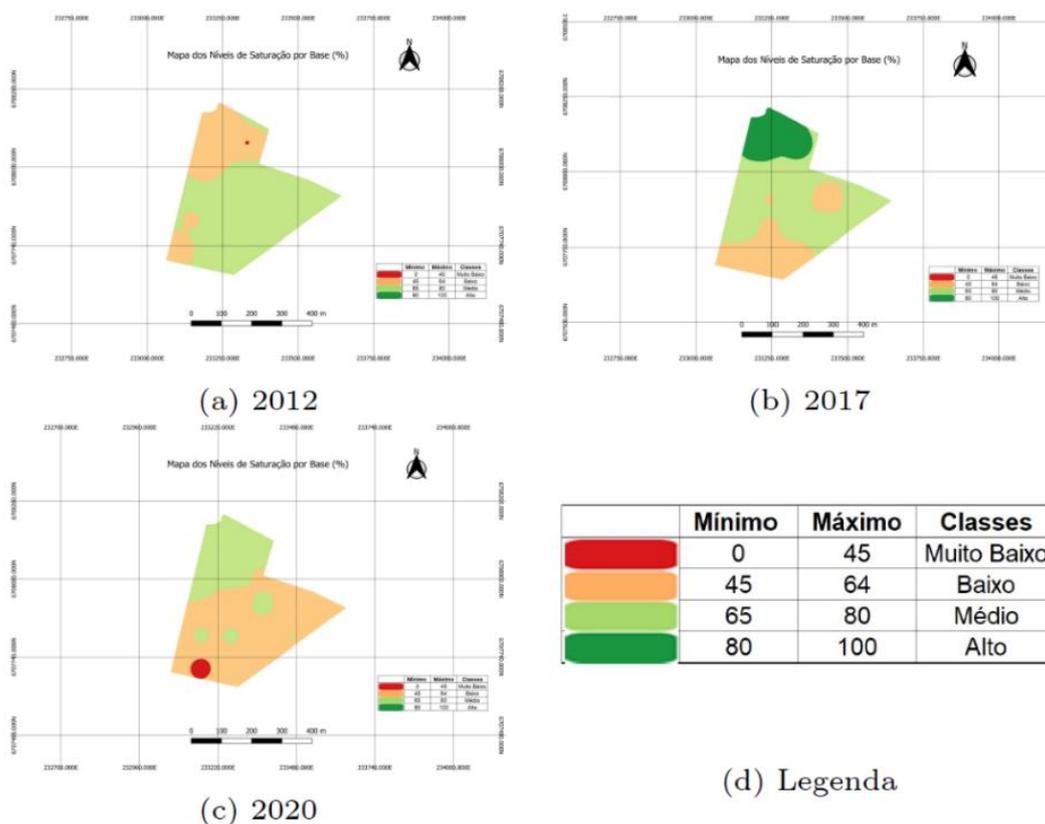


Figura 14. Níveis de fertilidade de saturação por base (Erva-Mate).

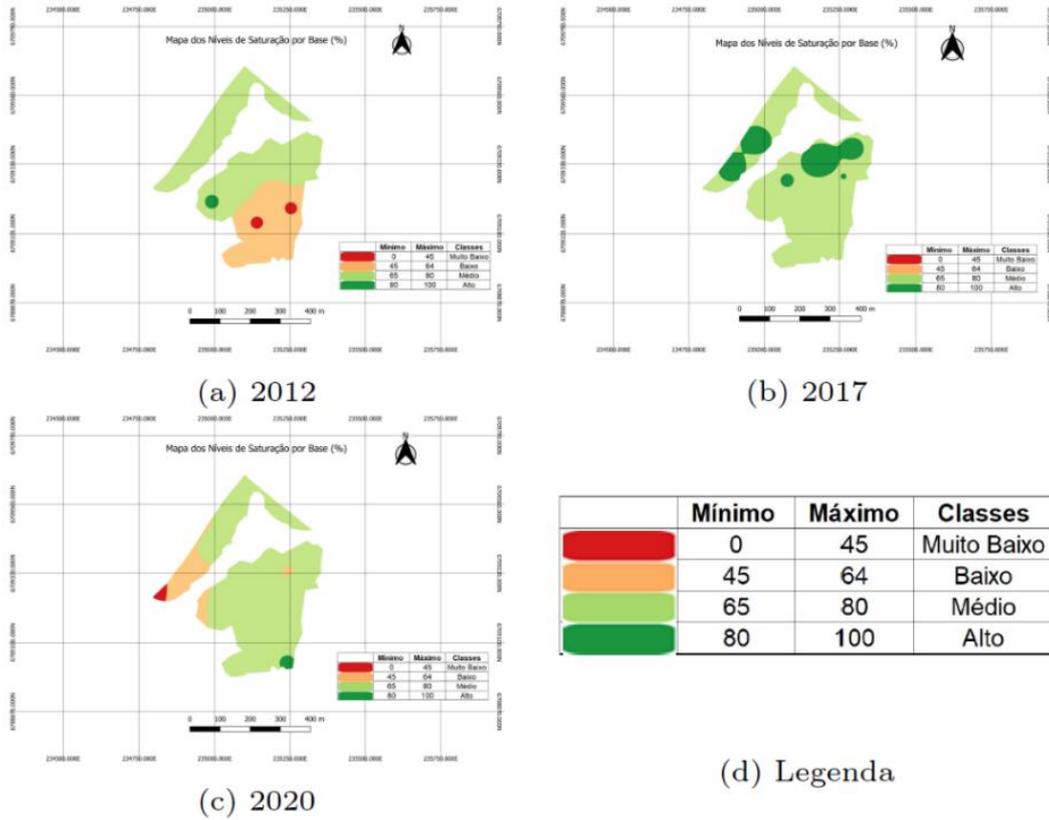


Figura 15. Níveis de fertilidade de saturação por base (Diogo-Taquaireira).

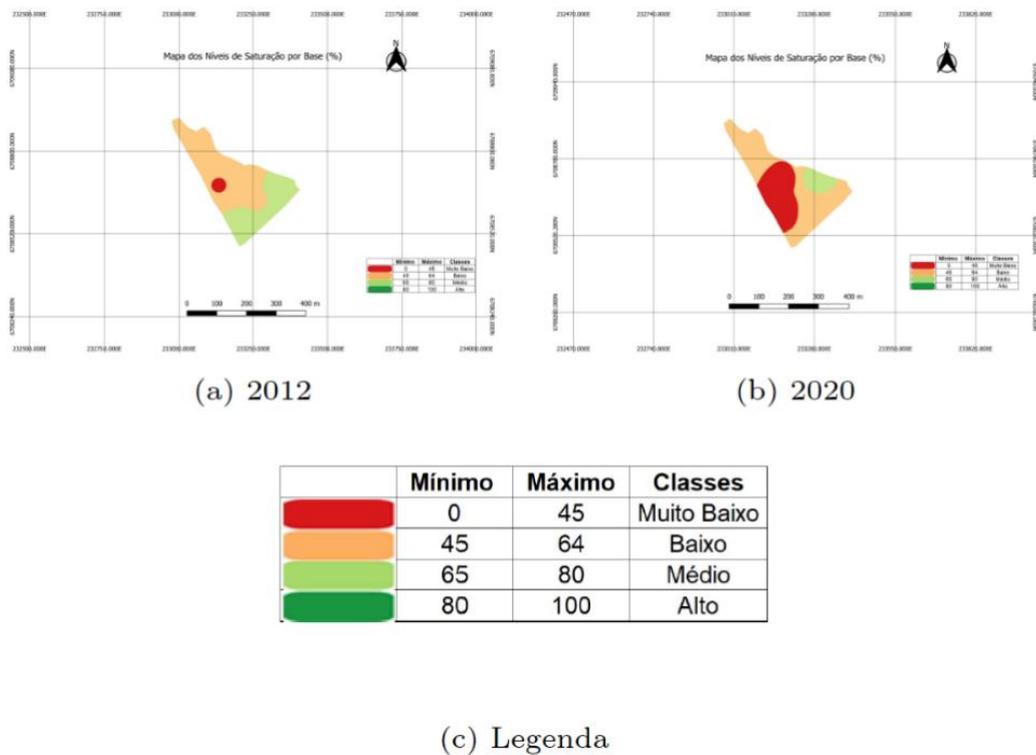
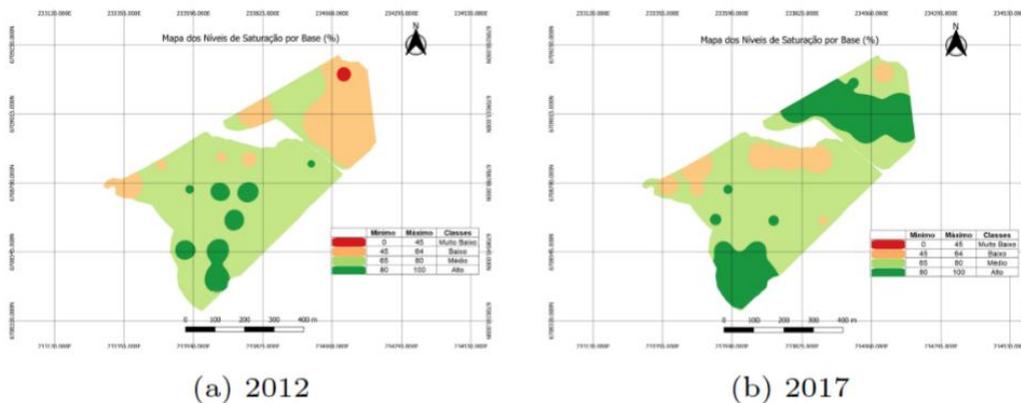
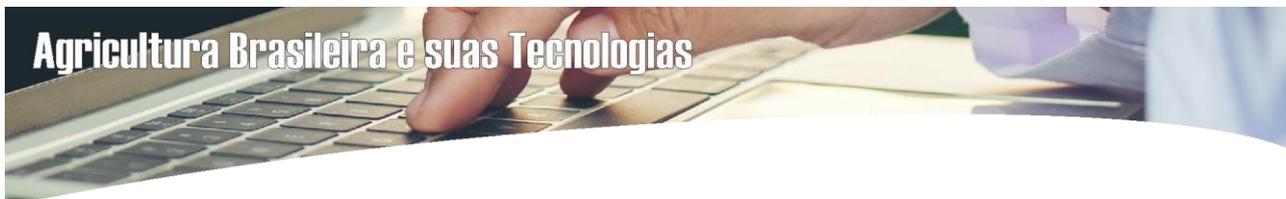
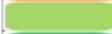


Figura 16. Níveis de fertilidade de saturação por base (Várzea).



	Mínimo	Máximo	Classes
	0	45	Muito Baixo
	45	64	Baixo
	65	80	Médio
	80	100	Alto

(c) Legenda

Figura 17. Níveis de fertilidade de saturação por base (Vossoroca Norte e Sul).

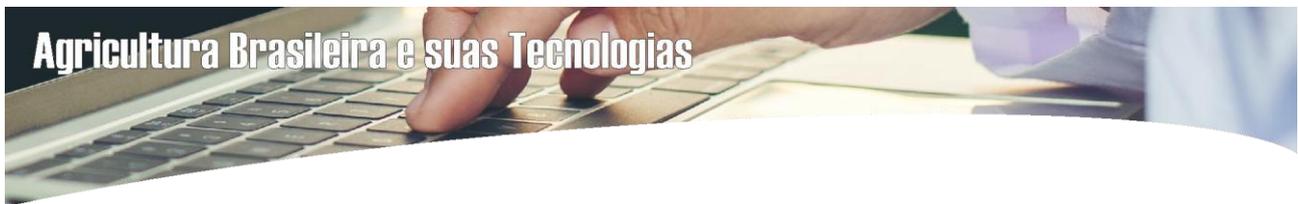
Sousa et al. (2016), afirmam que os valores médios dos teores de nutrientes no solo e dos principais atributos obtidos por Agricultura de Precisão, são apresentados por médias. Nota-se que os teores médios obtidos por nutrientes que se enquadraram dentro das mesmas classes de interpretação de fertilidade do solo. Esse é um parâmetro importante de comparação, uma vez que, as recomendações de corretivos e fertilizantes são definidas a partir dessas classificações (classes de interpretação).

Conclusão

Através dos resultados obtidos, pôde-se concluir que o estudo da variabilidade espacial apresentou importância na análise completa dos atributos químicos do solo, refletindo em um manejo diferenciado para as áreas podendo otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir os custos.

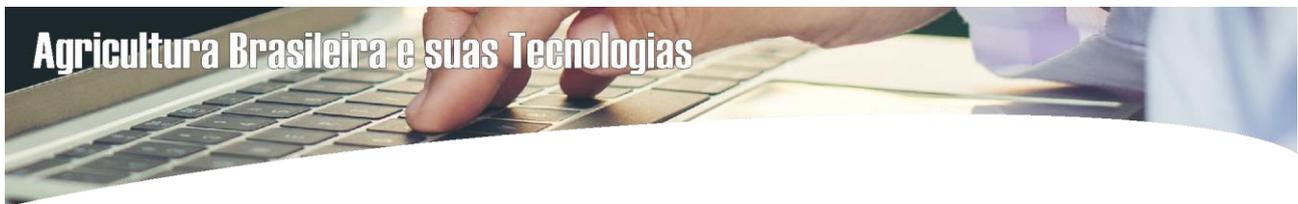
A análise geoestatística demonstrou o comportamento dos atributos químicos do P, K, pH H₂O e saturação por base no solo de interesse dos três anos de amostragens.

Foi possível identificar as zonas homogêneas ou não e a necessidade da aplicação de insumos e manejos localizados podendo auxiliar a tomada de decisão por parte do produtor e/ou técnico responsável.



Referências

- CHENG, Y. T.; LI P.; XU, G. C.; LI, Z. B.; CHENG, S. D.; GAO, H. D. Distribuição espacial do fósforo total do solo em Yingwugou bacia hidrográfica do rio Dan, na China. *Catena*, n.136, p.175–181, 2016.
- SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de Adubação e Calagem para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBC/Núcleo Regional Sul. UFRGS, 2004. 404p.
- SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de Adubação e Calagem para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBC/Núcleo Regional Sul. UFRGS, 2016. 376p.
- DARILEK, J. L.; HUANG, B.; WANG, Z. G.; QI, Y. B.; ZHAO, Y. C.; SUN, W. X.; GU, Z. Q.; SHI, X. Z. Mudanças nos parâmetros de fertilidade do solo e os efeitos ambientais em uma região em rápido desenvolvimento da China. *Agricultura, Ecossistemas e Meio ambiente*, n.129, p.286–292, 2009.
- MACHADO, P. R.; PES, L. Z.; CARDOSO, J. S.; AMARAL, L. P.; FIORIN, J. E. *Tecnologias Aplicadas às Pesquisas GEO21*. 1. ed. Campina Grande: EPTEC, cap. 3, p. 39-54, 2021.
- GAMA, J. R. N. F. Solos: manejo e interpretação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.183, 2004.
- GIOTTO, E. *Agricultura de Precisão no Sistema CR Campeiro 7*. 1. ed. Santa Maria: CESPOL, 2016.
- GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VIEIRA, S. R. *Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar*, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113646/1/4221.pdf>>. Acesso em: 18 de março de 2022.
- INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. M. *Agricultura de Precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar*, p. 14-26, 2011.
- KLERKX, L.; ROSE, D. Lidando com a mudança de tecnologias da Agricultura 4.0: Como podemos gerenciar a diversidade e responsabilidade nas vias de transição do sistema alimentar? *Segurança Alimentar Global*, v. 24, 2020.
- LIU, Z. P.; SHAO, M. A.; WANG, Y. Q. Padrões espaciais do solo nitrogênio total e fósforo total do solo em toda a Região do planalto de Loess na China. *Geoderma*, v.197, p.67-78, 2013.
- MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. *Agricultura de Precisão*. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/precisao/livros/AGRICULTURA%20DE%20PRECI%20SAO%20-%20OFICINA%20DE%20TEXTOS.pdf>>. Acesso em: 26 de maio de 2021.
- PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do Fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. *Química Nova*, v.39, n.6, p.732–740, 2016.
- PEREIRA, H. S. Fósforo e Potássio exigem manejos diferenciados. *Visão Agrícola*, nº 9, 2009.



- QUILCHANO, C.; MARAÑÓN, T.; PÉREZ-RAMOS, I. M.; NOEJOVICH, L.; VALLADARES, F.; ZAVALA, M. A. Padrões e ecologia consequências da heterogeneidade abiótica na cortiça manejada florestas de carvalho do sul da Espanha. *Ecological Research*, n.23, p.127-139, 2008.
- SOUSA, S. S.; MOREIRA, S. G.; CASTRO, G. F. Avaliação do solo por Agricultura de Precisão e Convencional. *Revista Agroambiental, Pouso Alegre*, v.8, n.1, p.37-42, 2016.
- VASCONCELOS, C. A.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Produtividade em alta. *Revista Cultivar*, 2015. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/produtividade-em-alta>>. Acesso em: 08 mar. 2022.
- WANG, B.; XUE, S.; LIU, G. B.; ZHANG, G. H.; LI, G.; REN, Z. P. Mudanças nas atividades de nutrientes e enzimas do solo sob diferentes vegetações na área do planalto de Loess, noroeste China. *Catena*, v.92, p.186-195, 2012.
- WANG, H. J.; SHI, X. Z.; YU, D. S.; WEINDORF, D. C.; HUANG, B.; SUN, W. X.; RITSEMA, C. J.; MILNE, E. Fatores que determinam os nutrientes do solo distribuição em uma bacia hidrográfica de pequena escala no solo roxo região da província de Sichuan, China. *Pesquisa de Preparo do Solo*, v.105, p.300-306, 2009.
- YANG, Y. H.; FANG, J.; JI, C.; DATTA, A.; LI, P.; MA, W.; MOHAMMAT, A.; SHEN, H.; HU, H.; KNAPP, B. O.; SMITH, P. Estequiométricos mudanças nos solos superficiais em amplas escalas geográficas. *Global and Biogeography*, n.23, p.947-955, 2014.

AVALIAÇÃO DECADAL DA SECA E DA ESTIAGEM NO ESTADO DA PARAÍBA E SEU MAPEAMENTO

Layane Moura Rodrigues

Mestranda Prof^ªÁgua, CDSA, UFCG, Sumé-PB, layanemourar@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-9886-3634>

Paulo Roberto Megna Francisco

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

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

George do Nascimento Ribeiro

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

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

Hugo Moraes de Alcântara

Dr. Prof. CDS, UFCG, Sumé-PB, hugo.morais@professor.ufcg.edu.br

 <http://orcid.org/0000-0002-0739-2874>

Paulo da Costa Medeiros

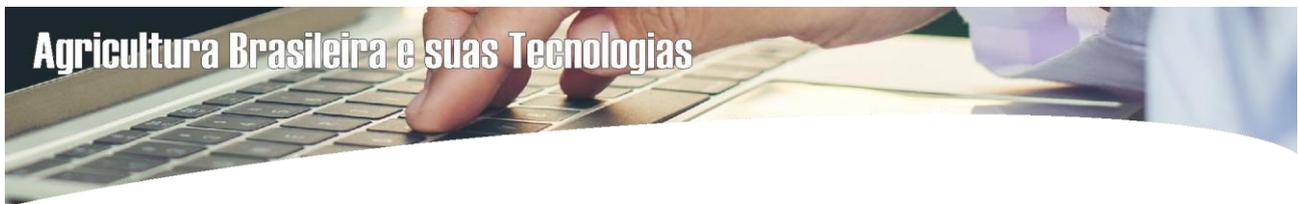
Dr. Prof. CDS, UFCG, Sumé-PB, medeirospc@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-3506-2266>

Introdução

De todo território brasileiro, a região Nordeste possui o maior número de desastres naturais decretados como Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública, sendo a Paraíba um dos estados que possui o maior número de reconhecimentos (BRASIL, 2016).

Os desastres ambientais mais comuns no Brasil, segundo o IBGE, estão relacionados com inundações, deslizamentos de encostas, secas e erosão, pelo menos 41% das cidades do País foram atingidas por pelo menos um deles, e 47% sofreram prejuízos na agricultura, pecuária ou pesca, devidos a problemas ambientais (SILVA, 2011). No território Brasileiro, os desastres vêm crescendo de forma gradativa a partir dos anos 2000, sendo os de tipologia estiagem/seca o que mais afeta a



população. A Região do Nordeste Brasileiro (NEB) é a mais afetada por essa tipologia de desastre, com as maiores ocorrências no mês de março, abril, maio e outubro (UFSC, 2013).

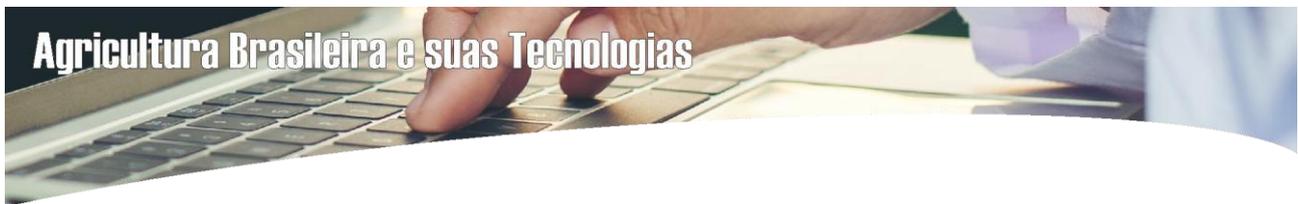
No Brasil, o Semiárido constitui-se como o maior e principal exemplo de terras secas do território nacional, o qual engloba grande parte da região Nordeste. De acordo com a delimitação do Semiárido de 2017, a Paraíba conta com 194 municípios incluídos nesse território. Essa configuração naturalmente coloca os municípios inseridos nesse contexto em uma situação de propensão ao risco de desastres causados pelas estiagens e as secas. O impacto dos fenômenos naturais e dos desastres na sociedade está fortemente relacionado com o grau de vulnerabilidade dessas populações (FARIAS, 2020).

No Brasil, os principais fenômenos relacionados aos desastres naturais são derivados da dinâmica externa da Terra, sendo este de origem climática, hidrológica e geológica, tais como inundações e enchentes, escorregamentos de solos e/ou rochas e tempestades (TOMINAGA, 2009).

De acordo com Castro (2003), estiagem está inteiramente vinculado à redução das precipitações pluviométricas, ao atraso dos períodos chuvosos ou à ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição; e a seca, do ponto de vista meteorológico, é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes. As estiagens e as secas são historicamente comuns na Paraíba, especialmente na região do Semiárido, onde o déficit hídrico é bastante relevante durante quase todo o ano, pois as chuvas se concentram em curtos períodos (NIMER, 1983).

Historicamente a região Nordeste sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias. Relatos de secas na região podem ser encontrados desde o século XVII, quando os portugueses chegaram à região. Ocorrem com uma frequência de 18 a 20 anos de seca a cada 100 anos. Eventos como El Niño tem sido associado às ocorrências de estações mais secas que o normal no NEB, conforme Marengo e Valverde (2007). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico provedor de chuvas no setor norte do NEB, onde o estado da Paraíba está inserido (UVO, 1989).

A precipitação pluviométrica no Nordeste Brasileiro (NEB) é resultante do acoplamento de vários sistemas atmosféricos de várias escalas quase periódicos, como a Zona de Convergência Intertropical (UVO, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (KOUSKY & GAN, 1981), os Sistemas Frontais (KOUSKY, 1979), e os Distúrbios de Leste (ESPINOZA, 1996), que podem ser modificados pelas características fisiográficas da região e por anomalias atmosféricas de escala planetária, destacam-se o dipolo do Atlântico e o ENSO, que modificam a frequência, distribuição espacial e intensidade desses sistemas, afetando diretamente a agricultura, a pecuária, irrigação e os recursos hídricos (ARAÚJO et al., 2006). 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).

No Nordeste Brasileiro (NEB), verifica-se ao longo do ano um período curto de 3 a 4 meses com precipitações pluviométricas e um período longo, geralmente denominado de período de estiagem, exibindo alta capacidade de evapotranspiração durante todo ano, caracterizando um clima semiárido. O semiárido nordestino se destaca pelas precipitações médias anuais muito irregulares e com grande variabilidade espacial. As precipitações médias variam entre 200 a 700 mm.ano⁻¹, quando comparadas com outras regiões semiáridas do mundo, estes índices pluviométricos não são tão baixos, no entanto as temperaturas são elevadas, e as perdas por evapotranspiração são acentuadas (CABRAL & SANTOS, 2007).

Assim, este trabalho objetiva realizar diagnóstico das ocorrências registradas oficialmente da estiagem e seca ocorrida na década de 2010-2020 no Estado da Paraíba e mapear sua distribuição utilizando geotecnologias.

Material e Métodos

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.467,24 km², que corresponde a 0,663% do território nacional (IBGE, 2020). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010). O Estado apresenta uma população de 4.039.277 habitantes com densidade demográfica de 71,53 hab/km² e taxa de crescimento de 4,91% entre 2010 e 2020 (IBGE, 2020).

O relevo do Estado da Paraíba (Figura 2) apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido (PARAÍBA, 2006).

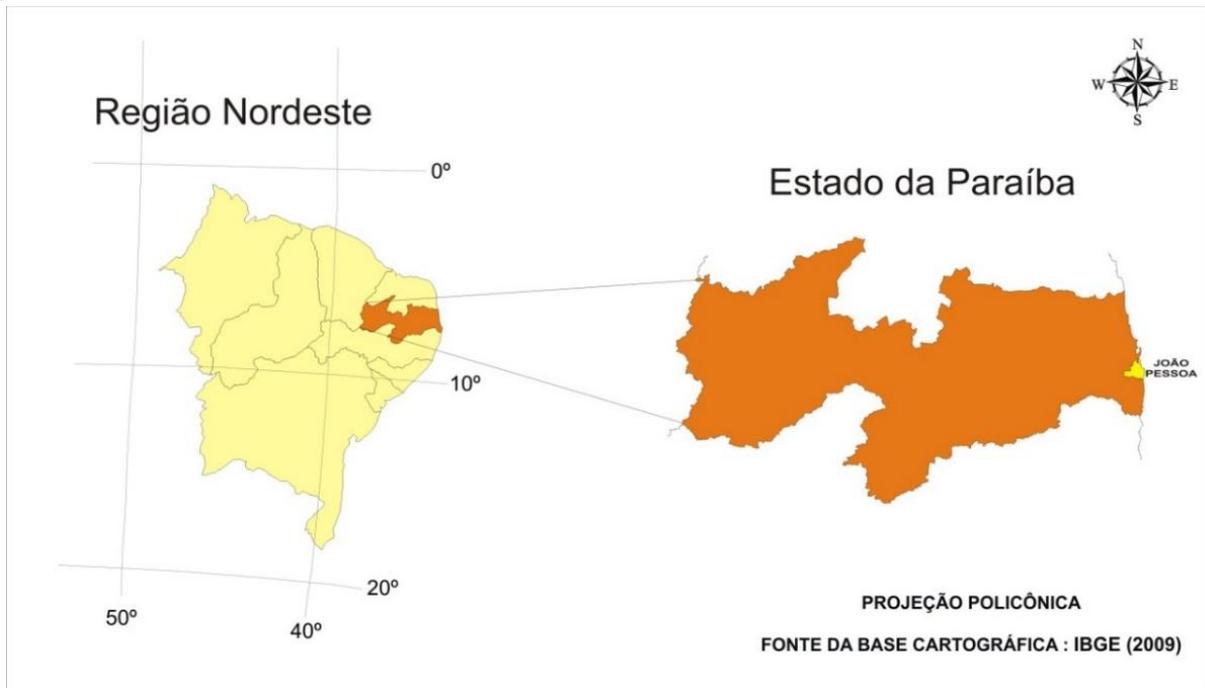


Figura 2. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

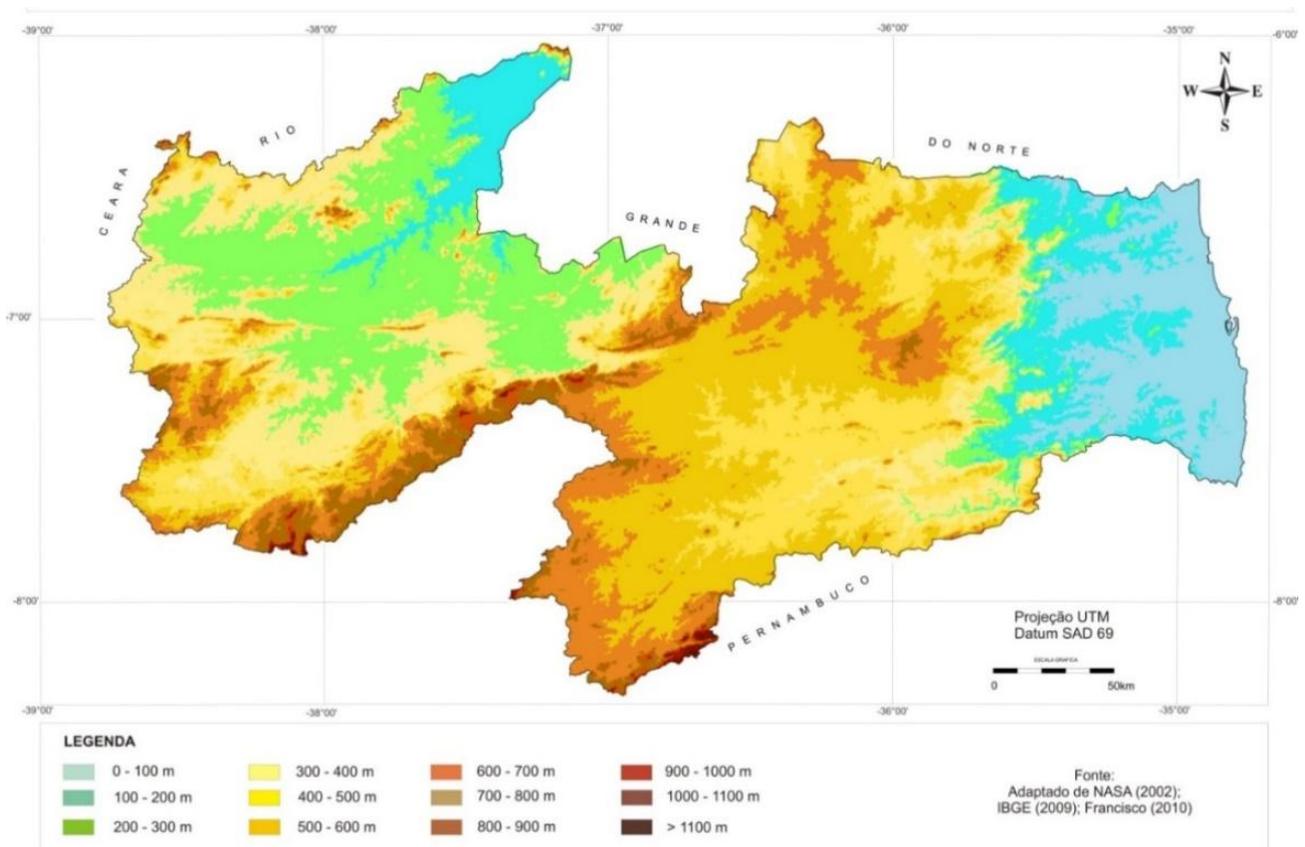
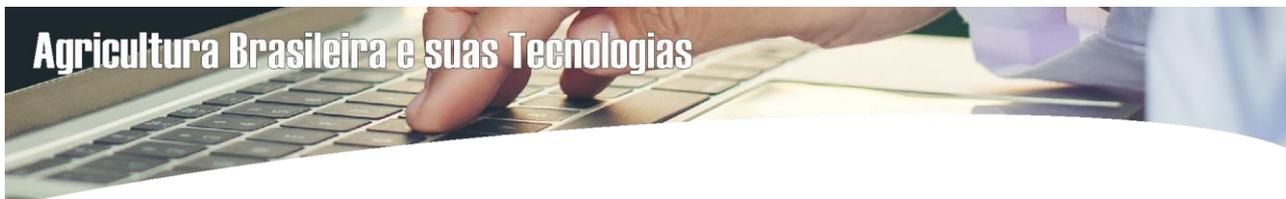


Figura 3. Mapa hipsométrico do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2014).



O clima do Estado da Paraíba caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridos, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco *et al.* (2015a) os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho, julho e agosto, enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro no Estado como um todo, sendo esses os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região (Figura 3).

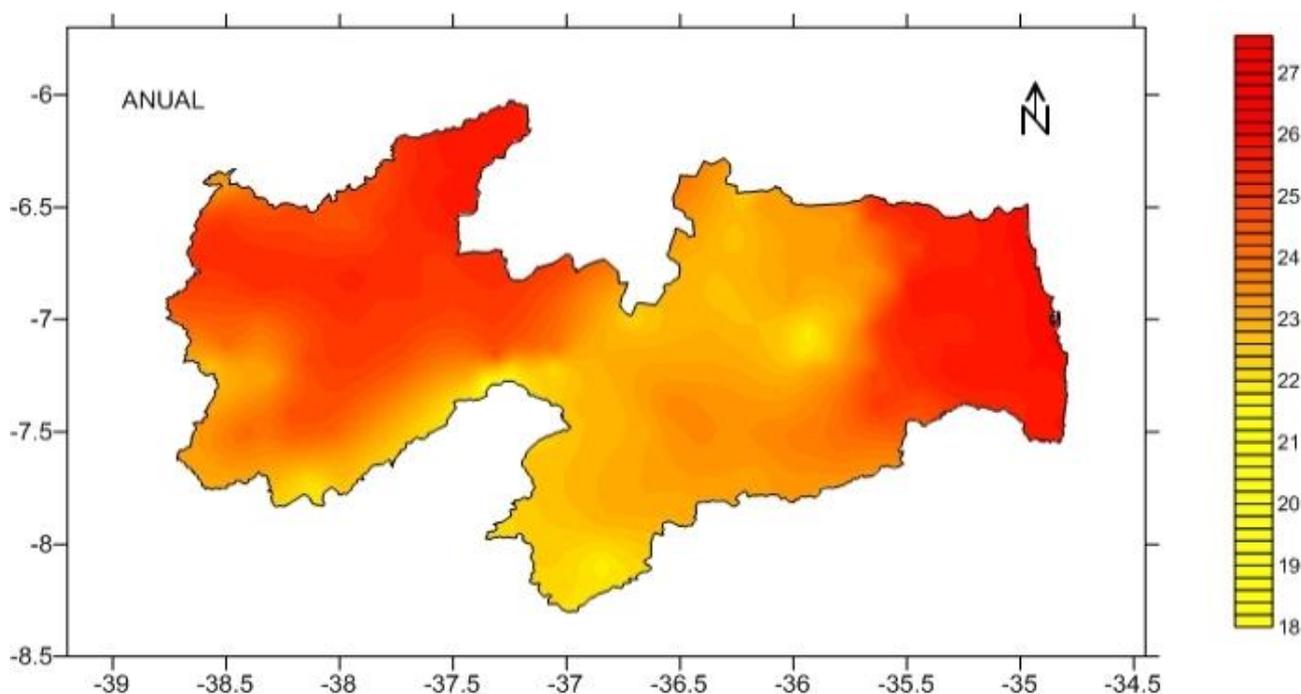


Figura 3. Temperatura (°C) média anual do Estado da Paraíba dos últimos 30 anos.

Fonte: Francisco et al. (2015a).

A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridos, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015b) 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; no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm; e no Litoral em média de 1.200 a 1.600mm (Figura 4).

De acordo com PARAÍBA (2006), o Estado da Paraíba, por sua localização dentro da faixa equatorial, é submetido à incidência de alta radiação solar com um grande número de horas de



insolação. Tal condição determina um clima quente, temperatura média anual de 26°C, pouca variação interanual e uma distribuição espacial da temperatura altamente dependente do relevo.

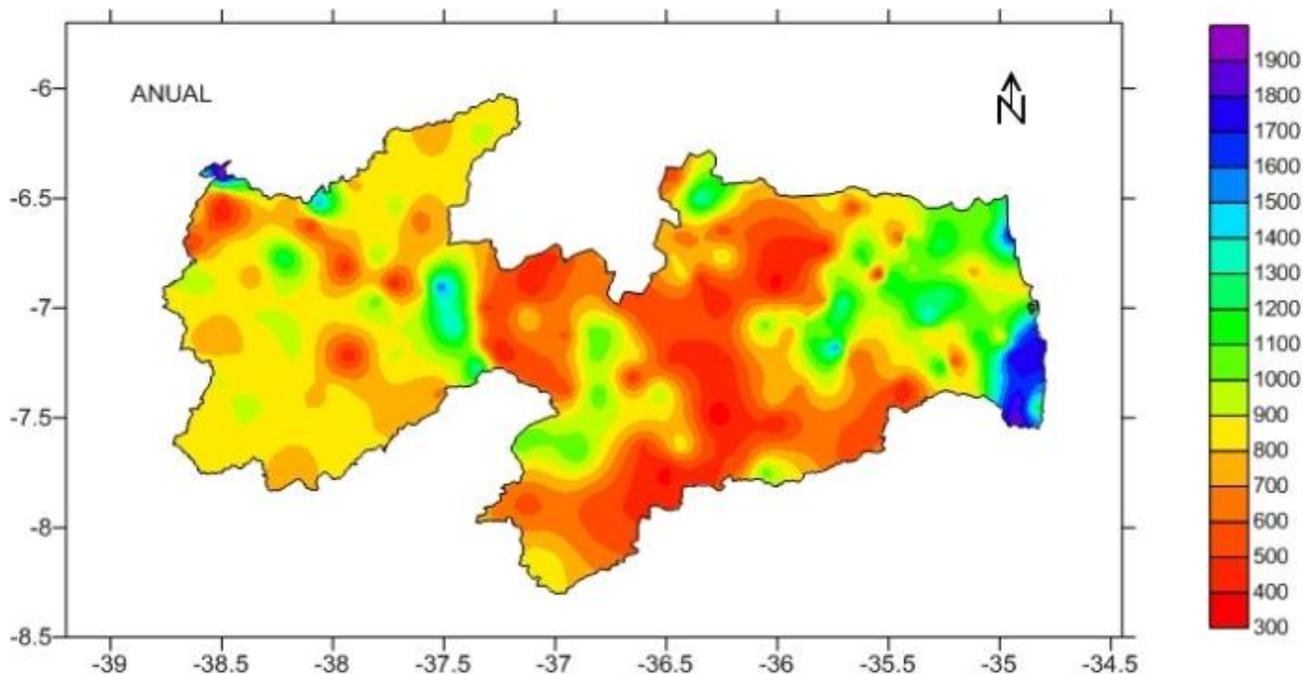


Figura 4. Pluviosidade anual média dos últimos 102 anos (mm).

Fonte: Francisco et al. (2015b).

Conforme Francisco *et al.* (2016), no mapa de insolação anual (Figura 5), observam-se valores mínimos de 6 horas diárias na região dos Brejos e Agreste Acatingado, e valores de insolação de 7 horas na região do Litoral, na Borborema, Cariris de Princesa e parte do Sertão do Seridó e valores máximos são observados na região do Sertão com valores diários de 8 horas.

Conforme Francisco et al. (2015), o Estado da Paraíba apresenta, de acordo com a classificação climática de Köppen, quatro tipos diferentes de clima. O clima Aw, que caracteriza a região do Litoral norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima Am no Litoral norte e Sul do Estado, o tipo climático As domina em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão. O tipo climático Bsh é predominante na área do Cariri/Curimataú, e boa parte da área do Sertão (Figura 6).

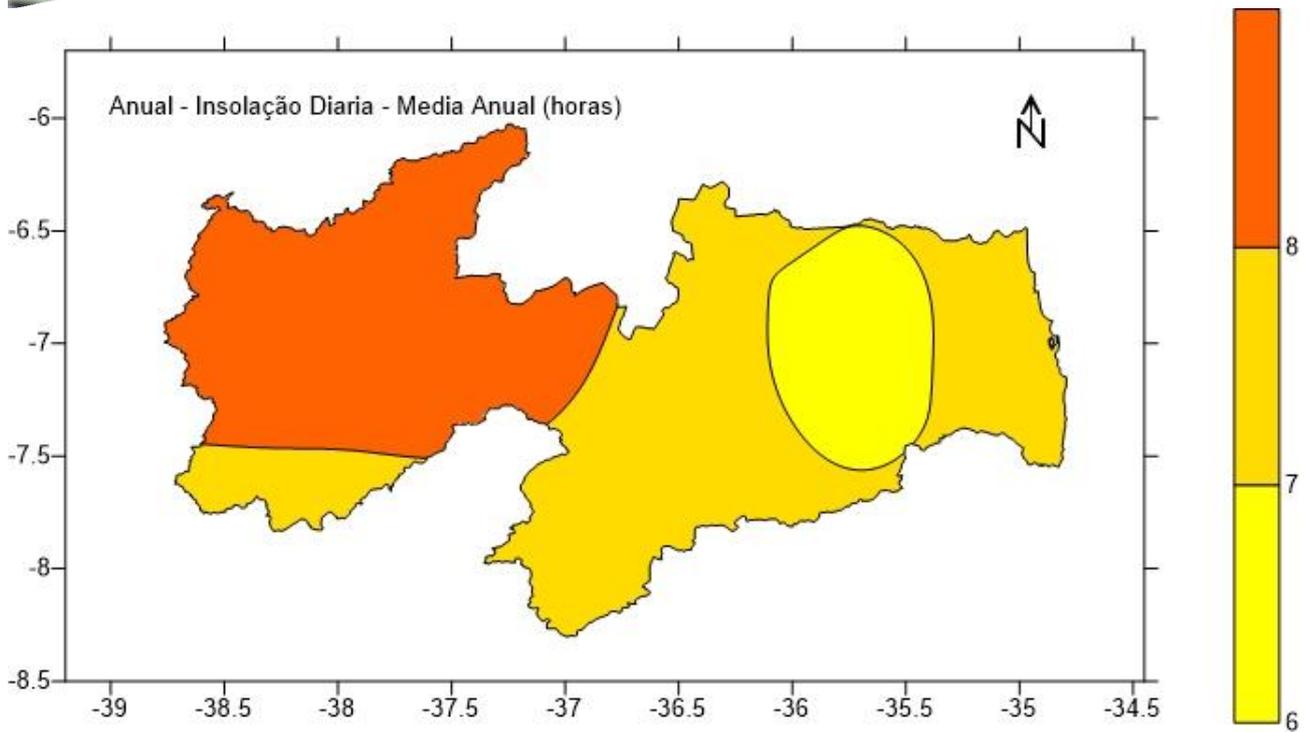


Figura 5. Média anual de insolação em horas do Estado da Paraíba.

Fonte: Francisco et al. (2016).

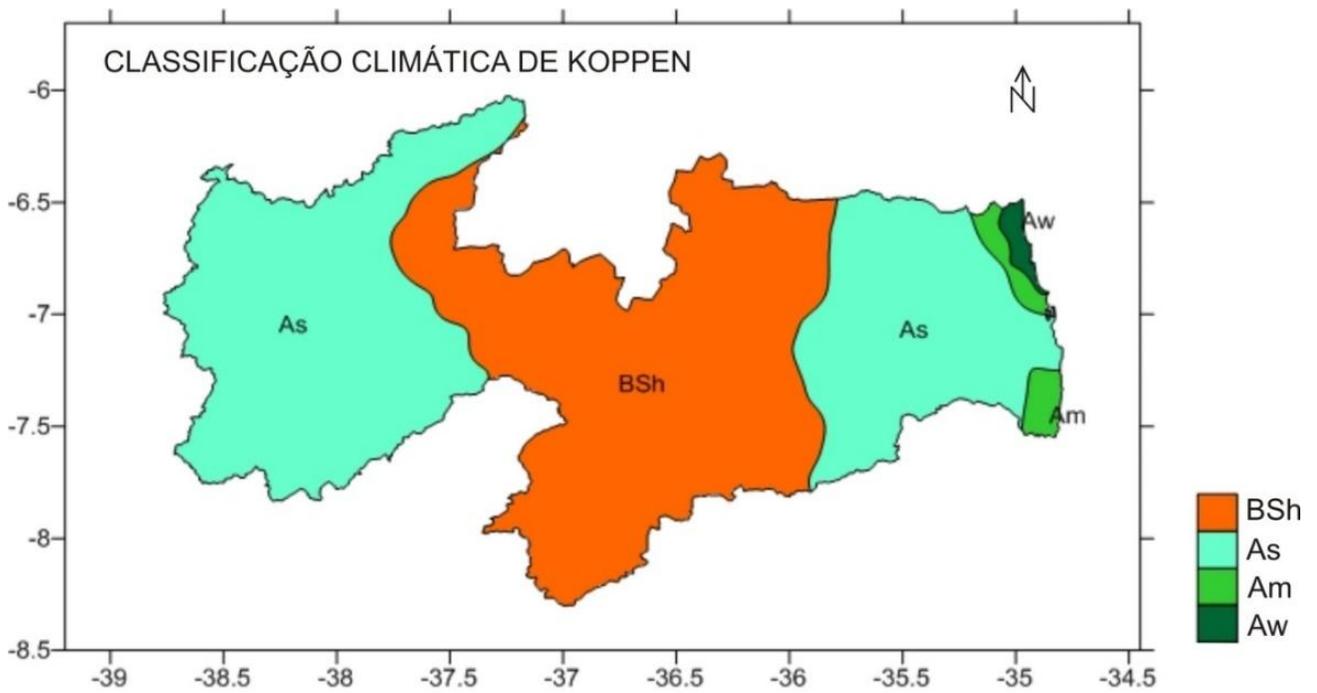
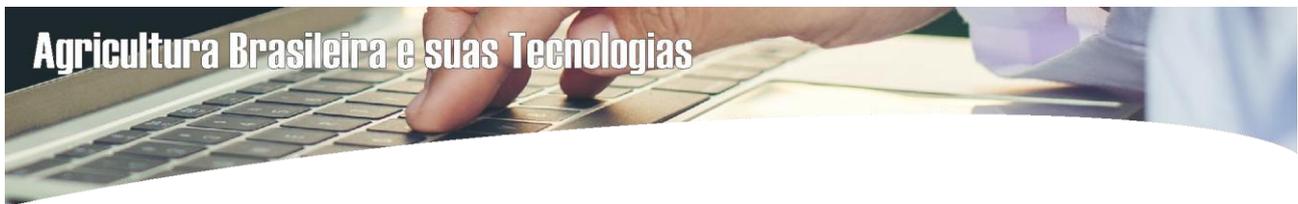


Figura 6. Classificação climática de Köppen no Estado da Paraíba.

Fonte: Francisco et al. (2015).



Pela metodologia adotada foram obtidos documentos em arquivos e banco de dados do Ministério do Desenvolvimento Regional, no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e no Ministério da Integração Nacional e Secretaria Nacional de Defesa Civil. Para avaliação dos dados de desastres naturais do Estado da Paraíba, foi adotada como base e adaptada a metodologia da UFSC (2011), onde foram selecionados documentos da AVADAN, FIDE, NOPRED advindos de relatórios de danos, portarias e decretos de acordo com a escala de prioridade e hierarquização.

Após, para possibilitar construir-se um panorama espaço-temporal sobre a ocorrência dos desastres identificados, foi realizada a geospacialização dos dados onde foi utilizado o sistema de informação geográfica SPRING 5.5 na base de dados na projeção UTM/SAD69 e base cartográfica dos municípios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) onde foram elaborados os mapas temáticos das ocorrências do evento e realizado o cálculo geoestatístico da distribuição das classes definidas entre 0 (nenhuma), 1 a 5, 6 a 10, 11 a 15, e de 16 a 20 ocorrências.

Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos pode-se observar que os desastres naturais causados por estiagem e seca na Paraíba, no período de 2010 a 2020 ocorre em 206 municípios. Estes municípios pertencem a diferentes regiões do Estado, entretanto, o número de maiores registros é predominantemente maior na região semiárida (Figura 7).

Nos municípios que não apresentam ocorrências (0), observa-se que estão localizados na região litorânea com clima do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen (Figura 6), região de maior pluviosidade em torno de 1.700 mm.ano⁻¹, classe representada pelos municípios de Alhandra, Baía da Traição, Cabedelo, Conde, Marcação, Lucena, Pitimbu, Caaporã, Pedras de Fogo, Santa Rita e Sapé (Tabela 1). Estes apresentam uma área de 3.118,89 km² representando 5,52% do total.

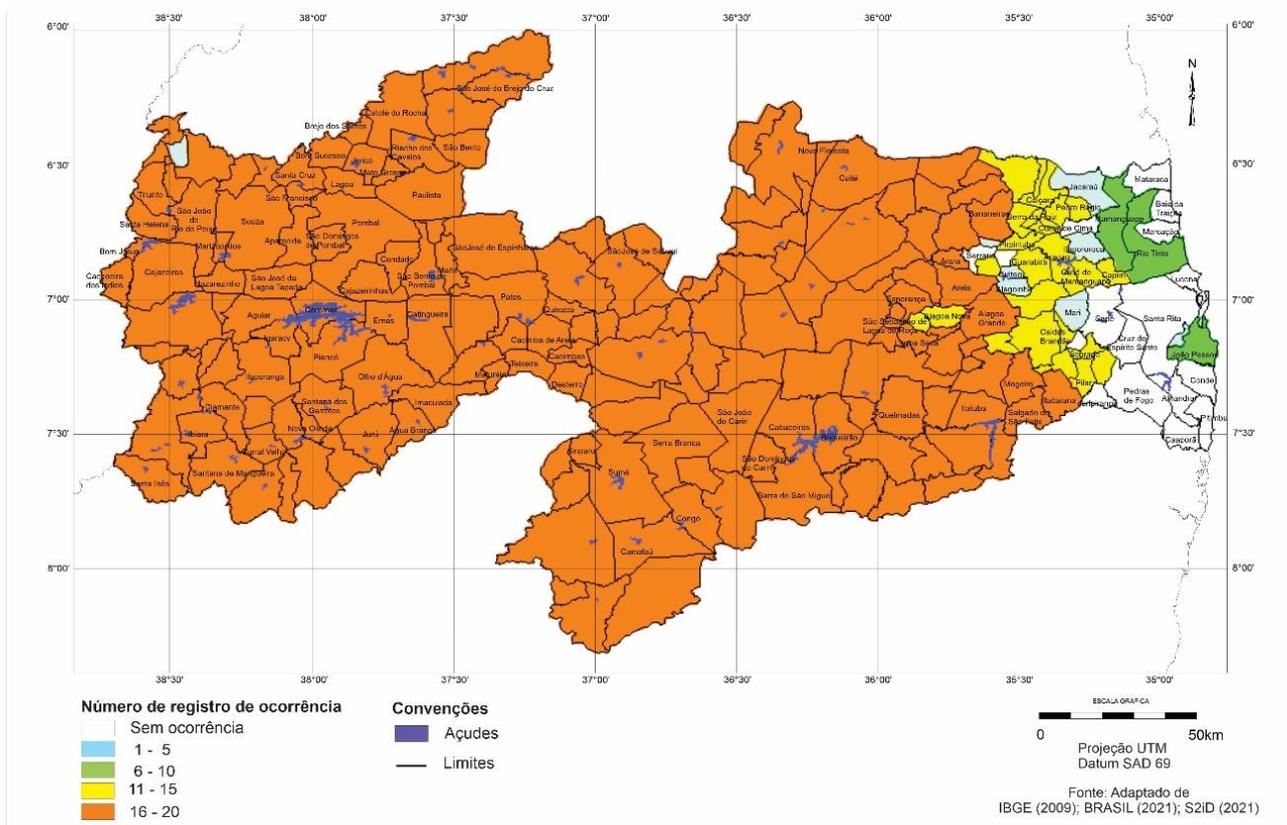


Figura 7. Distribuição da ocorrência de estiagem e seca.

Fonte: adaptado de IBGE (2009); AESA (2016); BRASIL (2021); S2iD (BRASIL, 2021).

Tabela 1. Classificação e distribuição dos registros ocorridos

N.º de registros	Principais municípios	Área (km ²)	%
0	Alhandra/Baia da Traição/ Cabedelo/Conde/Marcação/Lucena/ Pitimbu/Caaporã/Pedras de Fogo/ Santa Rita/Sapé	3.118,89	5,52
1-5	Bayeux/Jacaraú/Alagoinha/Mari/ Borborema/Cuitegi/Itapororoca	812,51	1,44
6-10	João Pessoa/Rio Tinto/Mamanguape	1.021,96	1,81
11-15	Mulungu/Araçagi/Guarabira/ Caldas Brandão/Pilar	2.676,66	4,74
16-20	Campina Grande/Cabaceiras/Monteiro/ Sumé/Picuí/Patos/Pombal/Santa Luzia/ Sousa/Cajazeiras	48.837,22	86,49
Total		56.467,24	100,00



O município de Bayeux, pertencente a classe de 1 a 5 ocorrências registradas está localizado no litoral e adentrando à região do Agreste, de clima do tipo As (Figura 6), localizam-se Jacaraú, Itapororoca e Mari que apresentam 4 ocorrências entre os anos de 2013 e 2014, totalizando uma área de 1.021,96 km² representando 1,81% (Tabela 1, Figura 7).

Os municípios de João Pessoa, Rio Tinto e Mamanguape apresentam poucas ocorrências, classe de 6 a 10 registros, durante a década estudada com maior frequência entre 2013 a 2016. Estes municípios mesmo localizados na região litorânea, onde conforme Francisco et al. (2016), ocorre uma pluviosidade média anual de 1.200 a 1.600mm e no período do trimestre mais seco apresenta uma pluviosidade mínima entre 20 a 46mm. Estes apresentam uma área de 812,51 km² representando 1,44% do total (Tabela 1, Figura 7).

Alguns municípios localizados na região do Brejo, mesmo apresentando maior pluviosidade média anual (Figura 4), apresenta ocorrência de estiagem entre 11 a 15 ocorrências nos municípios de Mulungu, Araçagi, Guarabira, Caldas Brandão e Pilar. Esta classe apresenta uma área de 2.676,66 km² representando 4,74% do total (Tabela 1, Figura 7).

Adentrando ao leste do Estado, os demais municípios já se encontram em sua maioria localizados em região semiárida de clima do tipo Bsh. Estes municípios apresentam ocorrências de estiagens e seca entre 16 a 20 registros distribuídos entre as regiões do Cariri, Curimataú e Seridó sob clima do tipo Bsh, e Sertão e Alto Sertão sob clima do tipo As (Figura 6), com um número máximo de 20 registros para o município de Itaporanga. Estes apresentam uma área de 48.837,22 km² representando 86,49% do total (Tabela 1, Figura 7).

De acordo com Francisco et al. (2016a) a região do Cariri e Curimataú é a que se apresenta na faixa crítica dos menores índices pluviométricos para o trimestre seco, e com pontos isolados de índices pluviométricos anômalos nas áreas do Alto Sertão, Sertão, Agreste, Brejo e Litoral.

Observa-se que o município de Santarém, localizado no extremo oeste do Estado, mesmo em região semiárida, comparados aos localizados na mesma região, apresenta somente 3 ocorrências, isto talvez devido a erros de registro pelos órgãos competentes.

Na última década o número de desastres de estiagens e secas na Paraíba registrados e reconhecidos apresentam-se significativos em 206 municípios, com destaque para os anos de 2012 a 2019, como pode ser observado no infográfico da Figura 8, alcançando o máximo de 398 ocorrências em 2017.

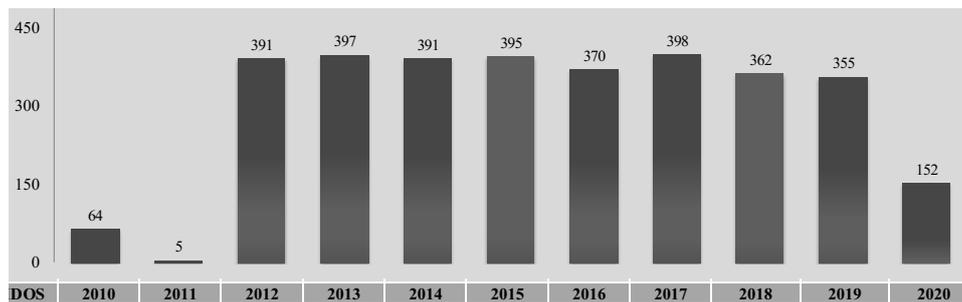


Figura 8. Municípios atingidos por estiagens e secas. Fonte: adaptado de BRASIL (2021).

Na avaliação de desastres naturais quanto à seca e estiagem a UFSC (2011) detectou 1.588 registros oficiais distribuídos em 209 municípios do Estado. Observa-se por este trabalho, que se mantém a recorrência destes fatos na década atual. Observa-se também que, no estudo da UFSC os resultados dos registros estavam distribuídos exclusivamente maior na região central do território, precisamente nas mesorregiões do Agreste Paraibano e Borborema. Já neste estudo atual, a distribuição está relacionada a completamente toda a região semiárida do Estado e com menor ocorrência na região do litoral em relação ao estudo anterior.

Lima (2018), avaliando as ocorrências de estiagem e seca entre 2013 e 2016 na região do Agreste verificou que, os maiores números foram de 474 registros de estiagem e 35 de seca. Identificação similar a este trabalho.

Silva (2017) analisando a região do Brejo paraibano no período de 2003 a 2016 quanto aos desastres verificou que o maior número foi de estiagem e seca com 244 registros. Os municípios com o maior número de decretos foram Bananeiras (18 registros), Areia (14 registros) e Sobrado (13 registros). Os anos que registraram o maior número de desastres foram 2013, 2014 e 2015. Resultados similares a este estudo quanto a região.

A Figura 9 apresenta a frequência mensal de estiagens e secas na Paraíba de 2010 a 2020, em abril e maio, outubro, novembro e dezembro, com maior frequência no mês de outubro. De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010 (UFSC, 2011), o mês de outubro também apresenta o maior número de ocorrências nas décadas passadas.

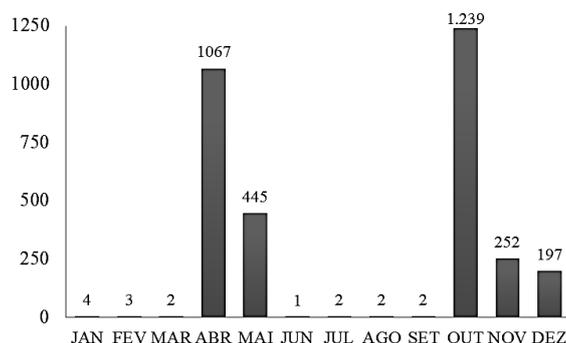
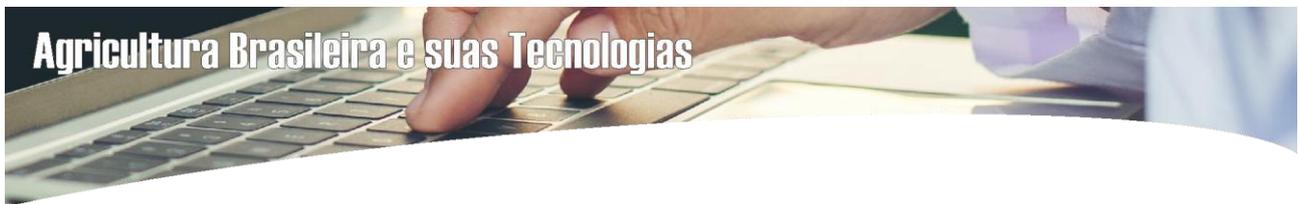


Figura 9. Frequência mensal de estiagens e seca. Fonte: adaptado de BRASIL (2021).

Francisco et al. (2015), realizando estudo de probabilidade de ocorrência de chuvas observaram que, no mês de março destacam-se as regiões do Sertão e Alto Sertão com chuvas máximas de 65mm. Ao passo que nas regiões do Cariri/Curimataú e Litoral as chuvas máximas podem oscilar entre 10 e 40mm. Para o mês de abril destaca-se a região do Cariri/Curimataú com chuvas máximas de 35mm. Nos meses de maio, junho, julho e agosto os índices esperados oscilam entre 75, 90, 70 e 40mm respectivamente e as áreas mais contempladas são Litoral, Agreste e Brejo. Estes resultados explicam o maior número de registros de ocorrência de estiagem e seca ocorridos devido ao baixo índice pluviométrico nestes meses.

Para os meses de outubro e novembro, Francisco et al. (2015) observaram a possibilidade de chuvas com índices máximos de 10mm em áreas isoladas no Litoral, Agreste e Alto Sertão. Para o mês de dezembro observaram chuvas com índices máximos oscilando entre 10 e 25mm, em áreas isoladas, sendo o Alto Sertão a de maiores probabilidades. Resultados estes, relacionados aos registros de estiagem e seca ocorridos entre 2010 e 2020 na área de estudo com maiores valores no mês de outubro com 1.239 registros.

Nas estiagens, ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos a agricultura e à pecuária. Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores. Embora o fenômeno seja menos intenso que a seca, produz reflexos extremamente importantes sobre o agrobusiness, por ocorrer com relativa frequência em áreas mais produtivas e de maior importância econômica que as áreas de seca (CASTRO et al., 2003).



Conclusão

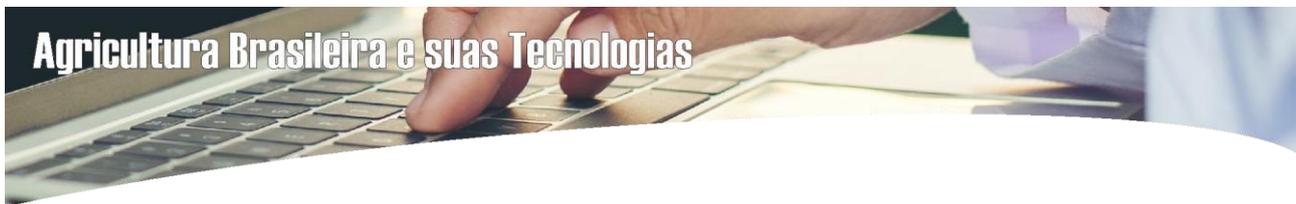
Os números de registros identificados foram em 206 municípios predominantemente na região semiárida com o máximo de 398 ocorrências em 2017. A frequência mensal de estiagens e secas ocorreram nos meses de abril e maio, outubro, novembro e dezembro.

A classe de 1 a 5 ocorrências localizado no Litoral e Agreste totalizaram uma área de 1.021,96 km² (1,81%). Na classe de 6 a 10 registros, em 3 municípios localizados na região litorânea com área de 812,51 km² relativo a 1,44% do total. Na classe de 11 a 15 ocorrências apresentaram 4 ocorrências com uma área de 1.021,96 km² representando 1,81% do total. Para a classe de 16 a 20 registros apresentaram uma área de 48.837,22 km² representando 86,49% do total localizados sob a região semiárida.

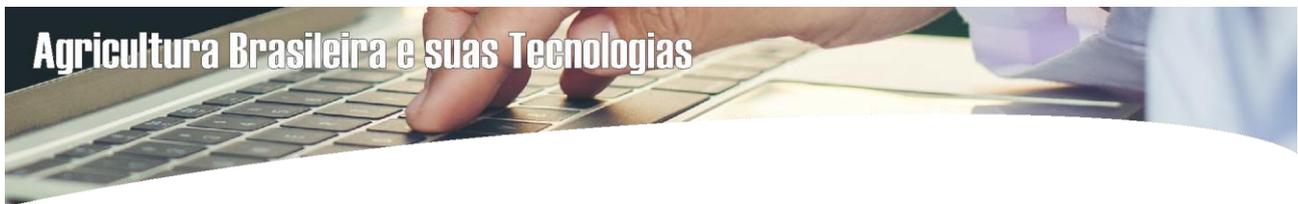
Observou-se que estes resultados são recorrentes devido a área de estudo estar localizada em região semiárida com clima específico.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, L. E. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2006.
- BRASIL, Ministério da Integração Nacional de Defesa Civil. Banco de Dados e registros de desastres: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. 2021. Disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em: junho de 2021.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa Nº 02, de 20 de dezembro de 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24789597/do1-2016-12-22-instrucao-normativa-n-2-de-20-de-dezembro-de-2016--24789506. Acesso em: 20 de maio de 2021.
- CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M. Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. In: O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas. 1.a ed. Editora Universitária. Recife, 2007. p.65-104.
- CASTRO, A. L. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 183p.
- ESPINOZA, E. S. Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical. Dissertação (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1996.
- FARIAS, T. da S. Áreas de propensão a seca no Estado da Paraíba: Uma análise espacial dos decretos de situação de emergência e a atuação da operação pipa. Revista de Geociências do Nordeste, v.6, n.1, p.71-79, 2020.
- 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.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; SANTOS, D. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.29, n.1, p.45-51, 2014.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEDROZA, J. P.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA S.; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia*, v.5, n.2, p.135-148, 2016.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; MATOS, R. M. DE; MARIA MARLE BANDEIRA, M. M.; SANTOS; D. Análise e mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8 n.4, p.1093-1108, 2015a.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; MATOS, R. M. DE; SANTOS; D. Variabilidade espaço-temporal das precipitações anuais do período úmido e seco no Estado da Paraíba. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015b.*
- 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.; MEDEIROS; R. M. DE; TAVARES, A. L.; SANTOS, D. Variability space-temporal of annual precipitation of wet and dry period in the Paraíba state. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.6, n.1, p.1-9, 2016a.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Paraíba: Território e Ambiente. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em: 01 maio 2021.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.
- KOUSKY, V. E.; GAN M. A. Upper tropospheric cyclones vortices in the tropical south atlantic. *Tellus*, v.33, p.538-551, 1981.
- LIMA, E. R. R. DE. Análise das ocorrências de desastres naturais na região do Agreste paraibano. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.
- MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no século XX e cenário de mudança de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência*, v.8, p.5-28, 2007.
- NIMER, E. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências - O fenômeno das secas. In: ROSADO, V. U.; ROSADO, A. (org). *Sétimo livro das secas*. Mossoró: ESAM, 1983. p.15-25.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.



- SILVA, M. J. DA. Dinâmica da degradação ambiental na bacia hidrográfica do açude Soledade. PB um estudo temporal (1990-2010). 97f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2011.
- SILVA, T. DOS S. Ocorrências de desastres climáticos e hidrometeorológicos na região do Brejo paraibano. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.
- 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, n.2, p.45-55, 1998.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir. 1ª ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 193p.
- UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 105p.
- UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010. volume Paraíba. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011. 57p.
- UVO, C. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação da região norte do Nordeste do Brasil. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1989.
- VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE, M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.

ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO EM PROPRIEDADES RURAIS REGISTRADAS NO CADASTRO AMBIENTAL RURAL NO MUNICÍPIO DE ALAGOA NOVA-PB

Jose Felipe Silva de Sales

Eng. Agrônomo, UFPB, Areia-PB, jfelipesales@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-0530-0518>

Andreia Santos de Lima

Doutoranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar - UFPel, andreiaciagric@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-0154-5243>

Djail Santos

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

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

Flávio Pereira de Oliveira

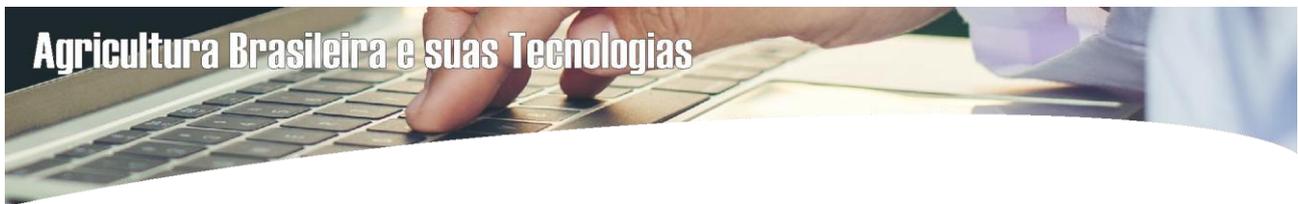
Prof. Dr. Associado, CCA, UFPB, Areia-PB, pereira@cca.ufpb.br

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

Paulo Roberto Megna Francisco

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

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



Introdução

O uso do intenso dos solos está intimamente associado ao crescimento demográfico, que gera uma utilização cada vez mais acentuada deste recurso de forma indiscriminada para a produção de alimentos de acordo com a demanda por alimentos. Este fato culmina numa enorme problemática que é a erosão. Como efeito, em um ciclo de problemas, há o esgotamento dos solos provocado pela erosão que contribui de forma relevante para escassez de alimentos e a fome (MACIEL, 2000).

A utilização de terras para uso agrícola provoca degradação capaz de gerar um passivo ambiental com enormes prejuízos aos recursos naturais, principalmente ao solo. Essas práticas de manejo promovem diferentes alterações físicas na superfície e subsuperfície dos solos e, como resultados ocasionam variados níveis de erosão (CARVALHO et al., 2015).

As formas de preparo do solo variam desde a extensão da superfície trabalhada do solo, profundidade de cultivo, até o grau de fragmentação da massa do solo mobilizado nas práticas de cultivo (CARVALHO et al., 2015). Como consequência, há acentuação da erosão, que é um dos maiores problemas ambientais no que tange à degradação do solo e à qualidade dos recursos hídricos (CARVALHO et al., 2014). Desse modo, regular e associar o desenvolvimento agrícola com a conservação do solo requer uma utilização aprofundada das técnicas de conservação bem como o apoio de uma legislação que garanta a conciliação entre preservação ambiental e utilização dos solos (AMARAL, 2016).

Nas últimas décadas, a preocupação em todo o mundo com os processos de perda de solo, principalmente em ambientes de cultivo, vem se expandindo (Mendonça et al., 2014). O debate sobre a perda de solo tem sido cada vez mais elucidado na região semiárida devido à íntima relação desse fator com a produção agrícola, que interfere diretamente na população que depende das atividades agrícolas para alimentação (SILVA, 2009). Apesar de trabalhos como Albuquerque et al. (2005), Cardoso (2014) e Amaral (2016) terem quantificado e estimado perdas de solo na região semiárida, especificamente em partes do Estado da Paraíba, é fundamental que estudos desse nível possam ser realizados em cada município, podendo assim, possibilitar a construção de políticas públicas de gestão municipal dos solos com a finalidade de realizar a gestão de solos ao menos para o limite de tolerância.

A Universal Soil Loss Equation-USLE (WISCHMEIER & SMITH, 1978), conhecida no Brasil como Equação Universal de Perda de Solo, é um modelo matemático de base empírica para a estimativa da perda de solo importante que, associado às geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e o SIG (Sistema de Informação Geográfica), transforma-se numa ferramenta avançada de estimar a perda de solo (AMARAL, 2016).

Com o avanço tecnológico das informações geoespaciais, associado à mudança da legislação ambiental brasileira que utiliza de tais avanços, monitorar e realizar uma análise ambiental das propriedades e posses rurais do país tem sido possível efetivamente devido à implantação do Sistema



do Cadastro Ambiental Rural (SICAR), que utiliza como fonte de dados as informações disponibilizadas no Cadastro Ambiental Rural, realizados pelos proprietários de imóveis rurais do Brasil (SILVA, 2015).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) tem como finalidade constituir uma base de dados integrada de informações ambientais das propriedades e posses rurais de forma estratégica para o controle, monitoramento, planejamento ambiental e combate ao desmatamento e demais formas de vegetação nativa do Brasil (BRASIL, 2012; SILVA, 2015), conseqüentemente, a preservação da cobertura vegetal colabora na preservação dos solos.

Segundo Silva (2015), o CAR figura como um instrumento indispensável no auxílio para os procedimentos que objetivam a regularização ambiental de posses e propriedades rurais. Dessa maneira, proporciona o levantamento de informações dos imóveis por georreferenciamento, com definição das Áreas de Reserva Legal (RL), das Áreas Proteção Permanente (APP), assim como de áreas remanescentes de vegetação nativa, área rural consolidada, dentre outras, com o intuito de determinar um quadro informativo que fornecerá informações para os cálculos dos valores das áreas que serão instrumentos de diagnóstico ambiental (MACIEL, 2000; SILVA, 2015).

Com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) a aplicação de métodos quantitativos é profundamente facilitada, com ênfase para a Equação Universal de Perdas de Solos, proposta por Wischmeier e Smith (1978), que permite a análise da perda do solo por erosão laminar; além disto, possibilita a contextualização dos resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras (MENDONÇA et al., 2014).

A utilização do modelo matemático Equação Universal de Perda de Solo, associado a geotecnologias, e a adesão dos proprietários ao Cadastro Ambiental Rural, possibilita o estudo mais detalhado para estimativa da perda de solo em qualquer município da federação.

Portanto, este trabalho tem como objetivo estimar a perda de solos em propriedades rurais registradas no Cadastro Ambiental Rural do município de Alagoa Nova-PB, de acordo com as classes de solos existentes por meio da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em propriedades rurais do município de Alagoa Nova-PB, localizado na microrregião do Brejo Paraibano, Nordeste do Brasil. O clima é do tipo As' (tropical chuvoso com verão seco), segundo Köppen e C₁S₂A'a' conforme Thornthwaite (FRANCISCO et al., 2015), com características de quente e úmido e precipitação média anual de 1283,7mm (AESAs, 2018), que ocorre de outono a inverno, expressando períodos médios de estiagem de cinco a seis meses. As temperaturas variam de 18 a 28°C (INMET, 2018).

Para estimativa de perda de solo foram utilizados dados de propriedades rurais cadastradas na base de dados do Cadastro Ambiental Rural e localizadas nas unidades de mapeamento de Argissolo



Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Regolítico de 15 propriedades rurais, e o Neossolo Flúvico de 3 propriedades, devido a sua área de ocorrência com tamanho mínimo de 10 hectares com representatividade nas unidades de mapeamento dos solos (Figura 1).

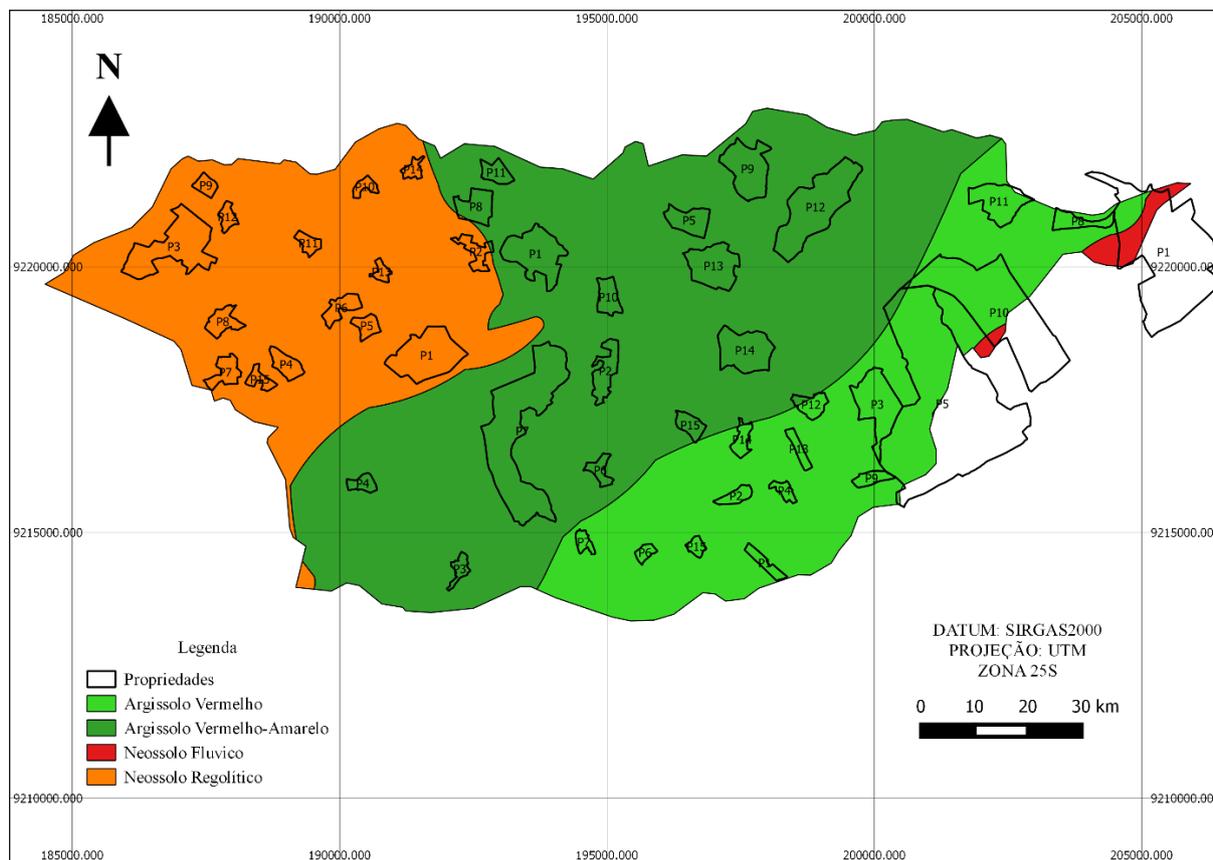


Figura 1. Distribuição das propriedades sobre as unidades de mapeamento de solos.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

A estimativa de perda de solo para o município foi obtida através da Equação Universal de Perda de Solo-EUPS (Equação 1), que é um modelo de matemático de estimativa da perda de solo, que leva em consideração os fatores como a chuva, erodibilidade, topografia, uso do solo e práticas conservacionistas (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \text{ (Eq.1)}$$

Onde: A – quantidade de perda de solo (t/ha/ano); R - fator de erosão pela chuva (MJ/ha.mm/ha); K – erodibilidade do solo, sendo a intensidade de erosão por unidade de índice de erosão de chuva; LS – fator topográfico conjunto de comprimento de rampa e grau de declividade; C - fator de uso e manejo de solo, que é a relação de uma área que é constantemente cultivada e outra que permanece



descoberta; P - fator de prática conservacionista, compreendido pela relação entre as perdas do solo de um terreno cultivado com determinada prática.

A determinação do fator R foi realizado pela equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (Equação 2) utilizada por Amaral (2016), devido à ausência de dados pluviográficos detalhados para a região estudada, e por ser uma equação que utiliza apenas dados de precipitação mensal e anual da região. Foram utilizados dados de precipitação média mensal e anual acumuladas registradas em uma média de 30 anos através da base de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2018) (Tabela 1).

$$EI_{mensal} = 89,823 (Pm^2 / Pa)^{0,759} \text{ (Eq.2)}$$

Onde: EI_{mensal} é média mensal do índice de erosão (MJ·mm/h·ha), para o mês considerado; Pm é a precipitação mensal (mm) do mês considerado; e Pa é a precipitação média anual (mm).

Tabela 1. Dados de precipitação média mensal e anual e valores do fator R

Meses	Precipitação Mensal	Precipitação média Anual	Valor do Fator R (MJ·mm/h·ha)
Janeiro	72,6	1.283,7	262,4
Fevereiro	100,6	1.283,7	430,5
Março	154,4	1.283,7	824,9
Abril	160,6	1.283,7	875,7
Maio	172,6	1.283,7	976,9
Junho	191,2	1.283,7	1.141,2
Julho	167,0	1.283,7	929,2
Agosto	121,6	1.283,7	574,1
Setembro	53,9	1.283,7	166,9
Outubro	23,8	1.283,7	48,2
Novembro	30,3	1.283,7	69,6
Dezembro	37,0	1.283,7	94,3
Total			6.394,4

Fonte: AESA (2018).

Para a variável K da Erodibilidade foram utilizados valores já estabelecidos na literatura, de acordo com as classes de solo existentes no município. As áreas de solos presentes no município de Alagoa Nova são o Neossolo Flúvico, Argissolo Vermelho, Neossolo Regolítico e Argissolo Vermelho-Amarelo. Os valores de K utilizados para essas classes de solo estão apresentados na Tabela 2.



Tabela 2. Valores do fator K das classes de solo

Classe de solo	Fator K	Literatura Pesquisada
Neossolo Flúvico	0,184	Amaral (2016)
Neossolo Regolítico	0,140	Silva e Andrade (1984)
Argissolo Vermelho	0,150	Silva e Andrade (1984)
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,032	Dias (2015)

Para a determinação do fator topográfico (LS) foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), com a resolução espacial de 30 metros, obtido junto ao banco de dados do United States Geological Survey (USGS) (Levantamento Geológico dos Estados Unidos), obtido pela plataforma Earth Explorer a imagem SRTM (Shuttle Radar Topograph Mission).

A imagem SRTM tipo “tif.” foi submetida à extração das curvas de nível de 5 em 5 metros por meio da ferramenta extração de contorno de dado *raster* pelo software Quantum Gis, obtendo-se os valores de altitude de cada curva de nível, onde foi calculado a declividade em porcentagem considerando a diferença de nível (h) (Equação 3) e o comprimento da rampa (Equação 4).

$$H = h_{\text{topo morro}} - h_{\text{base morro}} \quad (\text{Eq.3})$$

$$D = \frac{H}{L} * 100 \quad (\text{Eq.4})$$

Sendo: H = diferença de nível, D = declividade média da encosta (%), L = comprimento de rampa utilizado.

A rampa (L) foi estabelecida perpendicularmente às curvas de nível do terreno e determinadas nas áreas consolidadas e remanescente de vegetação cadastradas no cadastro ambiental rural disponível através dos dados em arquivo shape no sistema do CAR, na aba consulta pública.

O fator LS foi calculado pela combinação dos fatores L-função do comprimento da rampa e S-função da declividade média, utilizando a Equação 5 de Bertoni e Lombardi Neto (1990).

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (\text{Eq.5})$$

Sendo: LS = fator topográfico; D = declividade média da encosta (%); C = comprimento de rampa (m).

O valor do P que determina as formas de práticas conservacionistas adotadas para o uso adequado do solo, sendo considerado o valor 1, devido à incerteza do uso do solo e a escala de estudo



não permitir identificar as práticas de conservacionistas existentes (AMARAL, 2016). Portanto, os fatores C e P são analisados como sendo um único o fator CP.

O fator CP valor atribuído ao uso do solo foi obtido na literatura existente (Tabela 3), adaptando aos diferentes usos encontrados nas propriedades estudadas. Os diferentes usos foram obtidos pela interpretação do diagnóstico realizado no Cadastro Ambiental Rural - CAR.

Tabela 3. Valores do fator CP relacionados às categorias de uso da terra

Uso do solo	Valores do Fator CP
Água	0,0000
Cana-de-açúcar	0,0010
Outras Culturas	0,1415
Solo Exposto	1,0000
Vegetação Arbórea	0,0040
Vegetação Arbórea Arbustiva	0,0027
Vegetação Arbustiva	0,0015
Vegetação Herbácea e Gramíneas	0,0100

Fonte: Adaptado de Amaral (2016).

O diagnóstico do uso e ocupação do solo das propriedades foi realizado por meio da interpretação da imagem de satélite (Figura 3) e da observação técnica em campo, de acordo com o registro dos polígonos de área consolidada e remanescente de vegetação cadastrados na base de dados do SICAR. As propriedades tiveram seus usos e ocupações cadastradas em áreas consolidadas, área de preservação permanente, remanescente de vegetação, área de servidão administrativa, como determina a Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, o Decreto Nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, e a Instrução Normativa Nº 02 do Ministério do Meio Ambiente, de 06 de maio de 2014.

A confecção dos polígonos de ocupação do solo das áreas consolidadas e dos remanescentes de vegetação realizado no cadastro ambiental rural, diante da análise de campo e das imagens de satélite disponíveis no Google Earth, foi obtido através da metodologia de vetorização os locais com ação antrópica, vegetação, corpo d'água, área de servidão administrativa, e que posteriormente contribuiu para a aplicação no fator CP da EUPS na metodologia utilizada por Dias (2015), no estudo da estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-PB.

Os dados para cada fator da EUPS foram tabulados em planilha Microsoft Office Excel® e foram aplicadas à equação obtendo-se o resultado da estimativa de perda de solo média para as propriedades individuais e seu conjunto em cada unidade de mapeamento de solo.

Para melhor exemplificar a ação da erosão laminar nos solos, foi utilizado a metodologia proposta por Carvalho (2008) que classifica as taxas de erosão de acordo com a estimativa de perda de solo de nula a muito forte (Tabela 4).



Tabela 4. Classificação das taxas de erosão

Classe de Intensidade	Perda de Solo (t/ha/ano)
Nula a Moderada	< 15
Média	15 - 50
Média a Forte	50 - 120
Forte	120 - 200
Muito Forte	> 200

Fonte: Carvalho (2008).

Resultados e Discussão

Na Tabela 5 observa-se os valores de perda de solo das propriedades rurais localizadas na unidade de mapeamento de Argissolo Vermelho Amarelo. A perda de solo das propriedades rurais, estimada nessa classe de solo, apresenta o valor máximo de 22,88 t/ha/ano; contudo, é possível observar que essa variação ocorre devido os valores dos fatores topográfico (LS) e CP, em especial os valores de CP.

É possível diagnosticar esse fato devido aos altos valores de perda de solo encontrados nas áreas consolidadas, em relação às áreas de remanescente de vegetação. Essa diferença se deve ao fato de a área consolidada determinada no CAR compreender a área de imóvel rural com ocupação antrópica, a exemplo de atividades agrossilvopastoris, edificações e benfeitorias (MMA, 2014), o que reforça a afirmação de Ross (1994), que destacou que formações arbustivas naturais com estrato herbáceo e denso, bem como florestas e matas naturais, apresentam alto a muito alto grau de proteção do solo.

A erosão do solo é um indicador da sustentabilidade de agroecossistemas, e mensurá-la contribui para a avaliação da sustentabilidade das propriedades rurais (MARQUES & LOMBARDI NETO, 2003). Portanto, comparar a tolerância de perda de solo em cada classe de solo é um mecanismo de verificar se o uso e ocupação do solo, principais influenciadores na estimativa de perda de solo no Argissolo Vermelho Amarelo, estão sendo bem executados nas propriedades rurais.

Ao avaliar a tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do Estado da Paraíba, Oliveira (2004) encontrou valores de tolerância para o Argissolo Vermelho Amarelo de 8,46 t/ha/ano. Partindo dessa informação, 9 das propriedades analisadas nessa unidade de mapeamento de solo possuem uma estimativa de perda de solo maior que sua tolerância. As 6 demais propriedades apresentam valores de perda abaixo do nível de tolerância.

Tabela 5. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho Amarelo

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJmm/hha	K	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,032	12,20	0,0027	6,74	8,46	1,72
P2	6.394,43	0,032	9,34	0,0040	7,65	8,46	0,81
P3	6.394,43	0,032	3,99	0,0004	3,26	8,46	5,20
P4	6.394,43	0,032	6,40	0,0027	3,53	8,46	4,93
P5	6.394,43	0,032	16,29	0,0040	13,34	8,46	-4,88
P6	6.394,43	0,032	3,77	0,0027	2,08	8,46	6,38
P7	6.394,43	0,032	5,94	0,0040	4,87	8,46	3,59
P8	6.394,43	0,032	11,62	0,0040	9,51	8,46	-1,05
P9	6.394,43	0,032	17,62	0,0040	14,42	8,46	-5,96
P10	6.394,43	0,032	6,96	0,0040	5,69	8,46	2,77
P11	6.394,43	0,032	27,96	0,0040	22,88	8,46	-14,42
P12	6.394,43	0,032	18,38	0,0040	15,05	8,46	-6,59
P13	6.394,43	0,032	8,98	0,0040	7,35	8,46	1,11
P14	6.394,43	0,032	0,00	0,0000	0,00	8,46	8,46
P15	6.394,43	0,032	10,89	0,0040	8,91	8,46	-0,45
Média (RV)					8,16		-0,30
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,032	7,95	0,0100	16,27	8,46	7,81
P2	6.394,43	0,032	4,33	0,1415	125,23	8,46	116,77
P3	6.394,43	0,032	8,98	0,1415	260,10	8,46	251,64
P4	6.394,43	0,032	0,45	0,1415	13,07	8,46	4,61
P5	6.394,43	0,032	4,56	0,0100	9,32	8,46	0,86
P6	6.394,43	0,032	3,73	0,1415	107,93	8,46	99,47
P7	6.394,43	0,032	7,77	0,0010	1,59	8,46	-6,87
P8	6.394,43	0,032	5,89	0,0100	12,05	8,46	3,59
P9	6.394,43	0,032	6,35	1,0000	1298,78	8,46	1.290,32
P10	6.394,43	0,032	0,04	0,1415	1,10	8,46	-7,36
P11	6.394,43	0,032	8,17	0,1415	236,62	8,46	228,16
P12	6.394,43	0,032	22,12	0,0100	45,27	8,46	36,81
P13	6.394,43	0,032	13,72	0,0100	28,07	8,46	19,61
P14	6.394,43	0,032	5,87	1,0000	1201,97	8,46	1.193,51
P15	6.394,43	0,032	10,48	0,1415	303,47	8,46	295,01
Média (AC)					244,04		-235,58
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					126,19		

Na Tabela 6 pode-se verificar que, a estimativa de perdas por erosão do Neossolo Flúvico varia de 2,49 a 77,26 t/ha/ano, fazendo com que esta unidade de mapeamento de solo apresente uma estimativa média para o município de Alagoa Nova na sua área de abrangência, de 187,53 t/ha/ano. Estes valores não estão dentro dos níveis de tolerância determinados por Oliveira (2004), que é de 2,52 t/ha/ano.



Tabela 6. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Flúvico

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJmm/hha	K	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	$\Delta (T-A)$ t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,0184	13,128	0,004	6,18	2,52	-3,66
P2	6.394,43	0,0184	12,727	0,004	5,99	2,52	-3,47
P3	6.394,43	0,0184	5,283	0,004	2,49	2,52	0,03
Média (RV)					48,88		-2,36
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,0184	12,152	0,010	14,30	2,52	-11,78
P2	6.394,43	0,0184	5,123	0,010	6,03	2,52	-3,51
P3	6.394,43	0,0184	4,657	0,141	77,26	2,52	-74,74
Média (AC)					32,53		-30,03
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					40,70		

As estimativas de perda de solos das áreas de remanescente de vegetação (48,85 t/ha/ano) e de área consolidada (326,22 t/ha/ano) são determinantemente diferentes, devido principalmente ao uso e ocupação dos solos, indicados pelos fatores CP, que influenciam na obtenção dos valores.

Na determinação da estimativa de perdas de solo do Neossolo Regolítico (Tabela 7), ocorre uma variação da perda de solo nas propriedades estudadas, bem como uma diferença considerável entre as perdas de solo estimadas nas áreas consolidadas e nas áreas de remanescente de vegetação. Analisando a tolerância da classe de solo determinada por Oliveira (2004), que encontrou o valor de 9,92 t/ha/ano, onde verifica-se que a média de perdas de solo estimada para o Neossolo Regolítico para a área consolidada apresenta-se maior aos níveis de tolerância determinados em somente 6 propriedades. Para as demais propriedades nas suas áreas de remanescentes de vegetação, foram estimados valores máximos de 4,61 t/ha/ano, respectivamente, situados abaixo dos níveis de tolerância para essa classe de solo.

Quanto à estimativa de perdas de solo das propriedades presentes na unidade de mapeamento do Argissolo Vermelho, destacam-se altos valores nas áreas consolidadas dentro das propriedades (Tabela 8). Tal fenômeno ocorre devido aos valores de CP, por tratar-se de áreas de solo exposto e de maior declividade, o que ocorre com muita frequência devido à formação do relevo do município. A tolerância de perda desse solo é de 15,4 t/ha/ano (Oliveira, 2004), as propriedades que estão situadas na unidade de mapeamento Argissolo Vermelho possuem uma estimativa acima do nível de tolerância, onde apresentam perdas de solo máxima de 331,76 t/ha/ano, exceto em 7 propriedades onde os valores de tolerância são mínimos devido estas áreas serem planas, portanto não ocorrendo a perda de solos acima do limite.



Tabela 7. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Neossolo Regolítico

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ ² mm/h ² ha	K	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,014	12,88	0,0040	4,61	9,92	5,31
P2	6.394,43	0,014	6,65	0,0040	2,38	9,92	7,54
P3	6.394,43	0,014	9,27	0,0027	2,24	9,92	7,68
P4	6.394,43	0,014	8,22	0,0040	2,94	9,92	6,98
P5	6.394,43	0,014	9,48	0,0040	3,39	9,92	6,53
P6	6.394,43	0,014	6,04	0,0040	2,16	9,92	7,76
P7	6.394,43	0,014	0,02	0,0027	0,00	9,92	9,92
P8	6.394,43	0,014	7,53	0,0027	1,82	9,92	8,10
P9	6.394,43	0,014	4,98	0,0027	1,20	9,92	8,72
P10	6.394,43	0,014	7,13	0,0040	2,55	9,92	7,37
P11	6.394,43	0,014	4,95	0,0040	1,77	9,92	8,15
P12	6.394,43	0,014	5,14	0,0027	1,24	9,92	8,68
P13	6.394,43	0,014	5,12	0,0040	1,83	9,92	8,09
P14	6.394,43	0,014	3,43	0,0040	1,23	9,92	8,69
P15	6.394,43	0,014	1,95	0,0040	0,70	9,92	9,22
Média (RV)					2,01		7,91
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,014	5,11	0,1415	64,73	9,92	-54,81
P2	6.394,43	0,014	12,32	0,1415	156,06	9,92	-146,14
P3	6.394,43	0,014	7,44	0,0100	6,66	9,92	3,26
P4	6.394,43	0,014	5,77	0,0100	5,17	9,92	4,75
P5	6.394,43	0,014	9,71	0,0100	8,69	9,92	1,23
P6	6.394,43	0,014	8,39	0,0100	7,51	9,92	2,41
P7	6.394,43	0,014	5,26	0,1415	66,63	9,92	-56,71
P8	6.394,43	0,014	7,09	0,1415	89,81	9,92	-79,89
P9	6.394,43	0,014	5,86	0,1415	74,23	9,92	-64,31
P10	6.394,43	0,014	7,51	0,1415	95,13	9,92	-85,21
P11	6.394,43	0,014	11,55	0,1415	146,31	9,92	-136,39
P12	6.394,43	0,014	6,79	0,1415	86,01	9,92	-76,09
P13	6.394,43	0,014	4,21	0,1415	53,33	9,92	-43,41
P14	6.394,43	0,014	0,06	0,1415	0,76	9,92	9,16
P15	6.394,43	0,014	5,91	0,0100	5,29	9,92	4,63
Média (AC)					57,76		-47,84
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					29,88		



Tabela 8. Estimativas de perda de solo de remanescente de vegetação, áreas consolidadas e propriedades, da unidade de mapeamento Argissolo Vermelho

Propriedades	Equação Universal de Perdas de Solo					Tolerância de perdas	
	R MJ/mm/h ² ha	K	LS	CP	A t/ha/ano	T t/ha/ano	Δ (T-A) t/ha/ano
Remanescente de Vegetação (RV)							
P1	6.394,43	0,014	8,97	0,004	3,21	15,4	12,19
P2	6.394,43	0,014	4,47	0,004	1,60	15,4	13,80
P3	6.394,43	0,014	14,53	0,004	5,20	15,4	10,20
P4	6.394,43	0,014	14,10	0,004	5,05	15,4	10,35
P5	6.394,43	0,014	40,13	0,004	14,37	15,4	1,03
P6	6.394,43	0,014	6,50	0,004	2,33	15,4	13,07
P7	6.394,43	0,014	5,81	0,004	2,08	15,4	13,32
P8	6.394,43	0,014	0,00	0,000	0,00	15,4	15,40
P9	6.394,43	0,014	32,56	0,004	11,66	15,4	3,74
P10	6.394,43	0,014	24,96	0,004	8,94	15,4	6,46
P11	6.394,43	0,014	32,94	0,004	11,80	15,4	3,60
P12	6.394,43	0,014	21,94	0,004	7,86	15,4	7,54
P13	6.394,43	0,014	21,52	0,004	7,71	15,4	7,69
P14	6.394,43	0,014	10,06	0,004	3,60	15,4	11,80
P15	6.394,43	0,014	23,40	0,004	8,38	15,4	7,02
Média (RV)					6,25		9,15
Área Consolidada (AC)							
P1	6.394,43	0,014	12,51	0,1415	158,47	15,4	-143,07
P2	6.394,43	0,014	6,71	0,1415	85,00	15,4	-69,60
P3	6.394,43	0,014	12,78	0,0100	11,44	15,4	3,96
P4	6.394,43	0,014	6,96	0,0100	6,23	15,4	9,17
P5	6.394,43	0,014	24,81	0,0100	22,21	15,4	-6,81
P6	6.394,43	0,014	0,13	0,1415	1,65	15,4	13,75
P7	6.394,43	0,014	0,11	0,1415	1,39	15,4	14,01
P8	6.394,43	0,014	15,50	0,0100	13,88	15,4	1,52
P9	6.394,43	0,014	13,76	0,1415	174,30	15,4	-158,90
P10	6.394,43	0,014	5,83	0,0100	5,22	15,4	10,18
P11	6.394,43	0,014	0,00	0,0000	0,00	15,4	15,40
P12	6.394,43	0,014	20,83	0,1415	263,86	15,4	-248,46
P13	6.394,43	0,014	12,30	0,1415	155,81	15,4	-140,41
P14	6.394,43	0,014	0,00	0,0000	0,00	15,4	15,40
P15	6.394,43	0,014	26,19	0,1415	331,76	15,4	-316,36
Média (AC)					82,08		-66,08
Média da Unidade de Mapeamento de Solo					44,16		

Realizar a comparação dos níveis de tolerância de perdas de solo, bem como classificar as perdas de solos através de metodologias de classificação da taxa de erosão contribui para o diagnóstico da real situação da erosão sofrida pelo solo. Carvalho (2008) sugere a utilização de cinco faixas para classificação da taxa de erosão (Tabela 5). Barbosa et al. (2015) utilizaram essa



metodologia para classificar a taxa de erosão encontrada no município de Paraíso das Águas-MS, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) com softwares livres e gratuitos.

A Tabela 9 apresenta um compilado de todas as médias encontradas nas propriedades analisadas em cada unidade de mapeamento de solo. É possível identificar a perda média das propriedades rurais nas unidades de mapeamento de solo. De acordo com os resultados observa-se que nenhuma das classes de solo apresentam-se nos níveis de tolerância para as áreas consolidadas, e para as áreas remanescentes somente o Neossolo Flúvico está acima dos níveis de tolerancia.

Tabela 9. Estimativa de perda de solo, valores médios da perda de solo em categorias

Unidades de Mapeamento de Solo	Perda de Solo/ Remanescente de Vegetação (t/ha/ano)	Perda de Solo/ Área Consolidada (t/ha/ano)	Média
Argissolo Vermelho	6,25	82,08	44,16
Argissolo Vermelho-Amarelo	8,35	244,04	126,19
Neossolo Flúvico	4,88	32,53	40,70
Neossolo Regolítico	2,01	57,76	29,88
Média	5,37	104,10	60,23

A partir dos valores encontrados e da classificação da taxa de erosão apresentada por Carvalho (2008), é possível classificar o Argissolo Vermelho Amarelo como sendo solos de intensidade de erosão forte (120-200 t/ha/ano), por apresentar 126,19 t/ha/ano de perda de solo na média. O Argissolo Vermelho com perda de 44,16 t/ha/ano, Neossolo Regolítico com 29,88 t/ha/ano e o Neossolo Flúvico com 40,70 t/ha/ano de perdas são classificados com taxa de perda média (15-50 t/ha/ano).

Os valores mais representativos são os encontrados em áreas consolidadas em solo Argissolo Vermelho-Amarelo com uma estimativa média de 244,04 t/ha/ano, valor esse ocasionado principalmente pelo fato dos valores de CP encontrados nas áreas consolidadas das propriedades dessa unidade de mapeamento de solo. A área de remanescente de vegetação do Neossolo Regolítico é a que apresenta menor perda de solo (2,01 t/ha/ano).

De acordo com os resultados obtidos, a Equação Universal de Perda de Solo é uma ferramenta importante para trabalhos que visem realizar a quantificação ou a estimativa das perdas de solo de um município, como realizado por Dias (2015) e Barbosa et al. (2015). No entanto, tem suas limitações, principalmente por ser uma equação usada para estimar a erosão laminar, sendo que para tipos de erosão mais intensos essa equação é deficiente. De qualquer forma, é uma ferramenta fundamental principalmente para colaborar com ações práticas na conservação dos solos das propriedades rurais.



Diante dos resultados obtidos, observa-se que as estimativas de perda de solo estão muito acima dos níveis de tolerância determinados para cada unidade de mapeamento de solo. Diante do encontrado propõe-se a orientação que os proprietários rurais do município de Alagoa Nova-PB possam iniciar um trabalho efetivo na utilização de técnicas conservacionistas, por exemplo o plantio em nível, o terraceamento, a cobertura do solo no plantio, o plantio direto, além da preservação de áreas com altas inclinações o que pode contribuir significativamente na diminuição dessas estimativas de perdas de solo.

Conclusão

As propriedades analisadas apresentaram uma estimativa média de perda de solo, composto pela média das estimativas de perda de solo do Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Flúvico e Neossolo Regolítico.

Das quatro classes de solos analisadas, nenhuma apresentou estimativa de perdas de solo dentro dos valores de tolerância determinados pela literatura, sendo que, apenas em algumas propriedades analisadas se verificou estimativas dentro dos limites de tolerância.

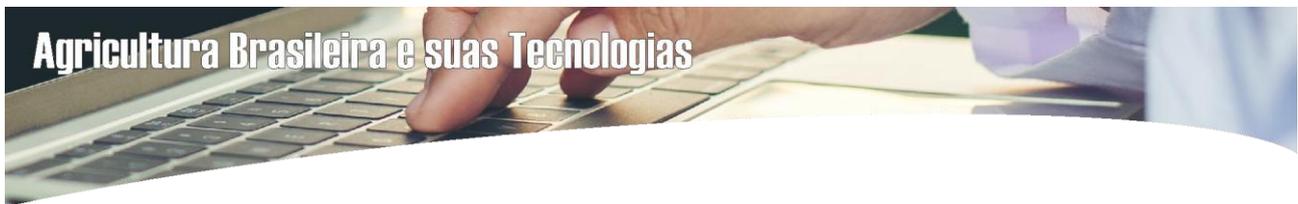
Os solos Argissolo Vermelho-Amarelo apresentou taxa de erosão forte, enquanto o Argissolo Vermelho, Neossolo Flúvico e o Neossolo Regolítico apresentaram taxa de erosão média.

Bibliografia

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2018. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do>.
- ALBUQUERQUE, A. W.; M. FILHO, G.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(2). 2005.
- AMARAL, B. S. D. DO. Análise espacial das perdas de solo no Estado da Paraíba. 57f. Monografia (Bacharel em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.
- BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F. DE; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da equação universal de perda do solo (USLE) em softwares livres e gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências*, v.38, n.1, p.170-179, 2015.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 3. ed. São Paulo: Ícone. 1990. 355p.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Brasília: DOU de 28/05/2012.
- CARDOSO, M. A. Mapeamento temporal do uso e ocupação do solo e estimativa das perdas de solo na bacia do reservatório de marés-PB. 53f. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2014.



- CARVALHO, D. F. DE; DURIGON, V. L.; ANTUNES, M. A. H.; ALMEIDA, W. S. DE; OLIVEIRA, P. T. S. DE. Predicting soil erosion using RUSLE and NDVI time series from TM Landsat 5. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.3, p.215-224, 2014.
- CARVALHO, D. F. DE; EDUARDO, E. N.; ALMEIDA, W. S. DE; SANTOS, L. A. F.; ALVES SOBRINHO, T. Water erosion and soil water infiltration in different stages of corn development and tillage systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.11, p.1072-1078, 2015.
- CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. 2008. 600p.
- DIAS, E. R.; SILVA, R. M. Estimativa do risco à erosão do solo no município de Lucena-Paraíba. *Caminhos de Geografia*, v.16, n.54, 2015.
- 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.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Recuperado de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias&code=2500403>.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. *Bragantia*, v.51, n.2, p.189-196, 1992.
- MACIEL, M. M. Aplicação da equação universal de perdas de solos-USLE em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com a aptidão agrícola. 88f. Dissertação (Mestre em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.
- MARQUES, J. F.; LOMBARDI NETO, F. Erosão do solo: indicadores físicos e econômicos In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Ed.). *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281p.
- MENDONÇA, H. F. P.; PATERLINI, E. M.; OLIVEIRA, F. S.; BARBOSA, R. P.; SANTOS, A. R. Estimativa da perda de solo por erosão laminar para o município de Iconha, Estado do Espírito Santo. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.19, p.1027-1038, 2014.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 2 de 06 de Maio de 2104. Brasília: Diário Oficial da União. 2014.
- OLIVEIRA, F. P. de. Determinação da tolerância de perdas por erosão para as principais ordens de solos do Estado da Paraíba. 90f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2004.
- OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. Tolerância de perda de solo por erosão para o estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.8, p.60-71, 2008.



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, 2006. 112p.

SILVA, D. F. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) como instrumento de informação e monitoramento da reserva legal no estado do Pará. 109f. Dissertação (Mestrado em Direito). Centro Universitário do Estado do Pará. Belém, 2015.

SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. Relatório de pesquisa sobre conservação do solo 1977-1984. Areia: Convênio SUDENE-UFPB, 1984. 59p.

SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. DE L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do Rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, n.1, p.26-40, 2009.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington D.C. Department of Agriculture. 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).

POTENCIAL PRODUTIVO DE MANIPUEIRA DE CASAS DE FARINHA EM CRISÓPOLIS-BA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Elias Almeida Leão

Licenciado em Ciências Agrárias, UFPB, elyas.leao@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-4374-1381>

Marcos Barros de Medeiros

Doutor em Entomologia, Professor Bananeiras-PB, UFPB, mbmedeir@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-1633-3227>

Andréia Santos de Lima

Doutoranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel, andreiaciagric@gmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-0154-5243>

Adamastor Pereira Barros

Doutor em Fitotecnia, UFRRJ, adamastor.barros@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6796-8281>

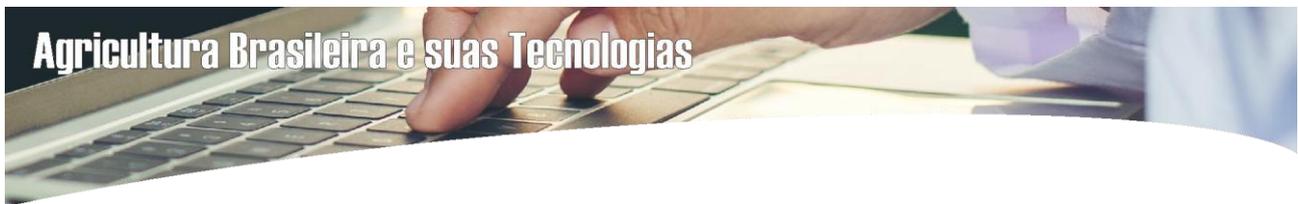
Paulo Roberto Megna Francisco

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

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

Introdução

A busca por aprimoramentos no sistema de produção é uma atividade básica e constante, sendo fundamental promover melhorias que ampliem as condições de sustentabilidade do setor, diminuindo os impactos da produção no meio ambiente (SUMAM et al., 2011). Atualmente, as alternativas de valorização de resíduos através do seu aproveitamento tem sido muito incentivadas, já que podem contribuir para a redução da poluição ambiental, bem como permitir a valorização



econômica desses resíduos tornando-o um subproduto e deste modo agregando valor ao processo de agroindustrialização (CAMILI & CABELLO, 2007).

Na industrialização da mandioca são gerados diversos resíduos, tais como casca, farelo e manipueira, que é o resíduo líquido. Na maioria das indústrias, a manipueira gerada tem como destino as lagoas de estabilização, permanece depositada sob ação de agentes naturais, tais como fotodecomposição, precipitação e atividade microbiana local, sem haver qualquer tratamento adicional no sentido da otimização do processo para o aproveitamento como subproduto (SUMAM et al., 2011).

A cultura da mandioca é de expressiva importância no contexto socioeconômico a nível mundial, no processo da segurança alimentar, gerando renda e permitindo empregabilidade. O Brasil é o maior produtor de mandioca, participando com 20% da produção e com cerca de 60% da produção da América Latina (SILVA, 2015). Na região Nordeste, que detém aproximadamente metade da produção nacional de 24 milhões de toneladas, a cultura é utilizada, principalmente, na produção de farinha de mesa (68%), no consumo fresco aipim (29%) e na alimentação animal (3%) (FABRICIO, 2011).

A mandioca é a 5ª cultura básica mais importante do mundo, com uma produção de cerca de 285 milhões de toneladas/ano de raízes não processadas. O processo de industrialização da mandioca gera ampla quantidade de subprodutos. Os resíduos sólidos podem ser utilizados como forragem, utilizados como substratos sólidos para fermentação ou biodigestos para produção de energia (CARVALHO et al., 2018).

Conforme Coêlho (2019) em 2018, somente o segmento de produção de farinha de mandioca proporcionou 4.124 mil empregos diretos em todo o Brasil. Foram produzidas 20,1 milhões de toneladas em raízes, que gerou um faturamento bruto em torno de 8,88 bilhões de reais. De acordo com Lago e Ouro (2010) as casas de farinhas têm importante papel no contexto socioeconômico e cultural.

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é utilizada na alimentação humana bem como matéria prima para diversos produtos industriais. O processamento da mandioca como consequência gera subprodutos sólidos no descascamento, e na prensagem tem a geração do líquido (manipueira) com grande quantidade de amido (AVANCINI, 2007).

A manipueira, efluente da produção da farinha de mandioca, é um líquido de aspecto leitoso e de cor amarelo claro, resultante da prensagem dessa raiz após a moagem (CHISTÉ & COHEN, 2006).

Por conter linamarina em sua composição, a manipueira torna-se altamente tóxica. Isto ocorre devido ao fato de a linamarina ser um glicosídeo cianogênico, o qual ao ser hidrolisado gera ácido cianídrico, que é tóxico (CEREDA et al., 1981). Além de tóxica, a manipueira se caracteriza como fonte poluidora por conter elevado teor de matéria orgânica (EMBRAPA, 2011). Além disto, a manipueira restringe fisicamente os locais de produção da propriedade onde é descartada devido à formação de



enormes volumes deste líquido (PAVLAK et al., 2007). No entanto, a manipueira apresenta potencialidade de aplicação, o que resolveria o problema do seu manejo e ainda geraria recursos econômicos com sua utilização (CAMILI et al., 2009).

A manipueira contém o amido residual como substrato potencial para processos fermentativos. Assim sendo, o amido não é disponível à levedura alcoólica, necessitando assim ser submetido a um processo de transformação a açúcares fermentescíveis, o que pode ser conseguido via hidrólise enzimática, utilizando amilases como catalisadores (BRINGHENTI et al., 2006; CAMILI et al., 2009).

Uma alternativa para o aproveitamento da manipueira como subproduto seria o uso como matéria-prima para a obtenção de etanol (SUMAM et al., 2011). De acordo com Camili e Cabello (2007) a manipueira apresenta-se como um substrato potencial para produção de etanol, produto de elevado valor agregado.

A manipueira por sua vez pode ser utilizada no processo produtivo de etanol dando efetiva contribuição ao nível de economia regional, bem como diminuindo os impactos ambientais provenientes do seu descarte. Assim, o processo de aproveitamento do etanol passa por importantes etapas, a exemplo: caracterização inicial, sacarificação enzimática, fermentação alcoólica e por fim, a destilação (BRINGHENTI et al., 2006).

Coêlho (2019) ressalta que para cada tonelada de mandioca colhida são produzidos 400 litros de manipueira, e esses mesmos produzem 19,33 litros de álcool.

Portanto, este trabalho objetiva avaliar o potencial do resíduo da manipueira para a produção de álcool no município de Crisópolis-BA.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o município de Crisópolis, localizado ao nordeste da Bahia, na latitude 11°30'36" sul e longitude 38°8'52" oeste, com altitude de 149 metros com uma área de 636,609 km². Limita-se com Olindina, Inhambupe, Itapicuru, Rio Real, Aporá e Acajutiba. Conta com uma população de 21.163 habitantes com densidade de 32,99 hab/km² (IBGE, 2017).



Figura 1. Localização do município de Crisópolis-BA. Fonte: Wikipedia (2021).

A vegetação predominante é a Caatinga. De acordo com o IBGE (2021), a produção de mandioca é estimada em 17.500 toneladas em uma área de 1.700 hectares com um rendimento aproximado de 10.294 kg/ha.

A metodologia utilizada é de caráter descritivo de acordo com Rodrigues (2007), com aplicação de questionário padronizados com coleta de dados e observação sistemática. Utilizando também abordagem quanti-qualitativa, conforme Gil (2002), de relato dos entrevistados e questionário com perguntas abertas e fechadas. Conforme Barbosa (2008), o questionário é um dos procedimentos mais utilizados para obter informações. É uma técnica de custo razoável, apresenta as mesmas questões para todas as pessoas, garante o anonimato e pode conter questões para atender a finalidades específicas de uma pesquisa.

A identificação das casas-de-farinha foi obtida através da Associação Comunitária, Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Secretaria da Agricultura, e agendado as visitas aos estabelecimentos. As visitas de campo foram realizadas em novembro de 2020 em 32 comunidades rurais distribuídas pelo município, em que todos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido permitindo a aplicação do questionário para a coleta de dados. O questionário foi composto por 12 com 4 perguntas fechadas e 8 semiestruturadas.

Resultados e Discussão

Na Figura 2 observa-se uma das entrevistas com um dos produtores de farinha. Pelos resultados obtidos identifica-se 117 casas de farinha distribuídas em 32 comunidades, considerando que 8 casas funcionam em dias variados com a carga horária semanal entre 20 a 24 horas. Observa-se



que 24 casas produzem de segunda a sábado com carga horária média de 60 horas cada. Isso demonstra a intensa atividade desses estabelecimentos e o importante papel socioeconômico no município. Machado (2010) estudando as casas de farinha no Estado de Sergipe identificou um funcionamento semanal de 72 horas, isto devido ao maior fluxo de mandioca *in natura* na região.



Figura 2. Entrevista ao produtor rural.

Verifica-se que 49 casas de farinha desenvolvem a produção com o objetivo social familiar. Machado (2010) estudando o aproveitamento das casas de farinha do município de Campo do Brito no Estado de Sergipe, também constatou que as casas de farinhas estão localizadas nas propriedades dos pequenos produtores.

Nota-se também por este estudo que 68 casas de farinha apresentam perfil de objetivo social empresarial (Figura 3). Para Santana et al. (2017), a mandioca é um importante produto da agricultura familiar onde um grande número de famílias do meio rural vive do seu processamento. De acordo com Souza e Menegon (2015), o nível de mecanização das casas de farinha, as atividades críticas, o tempo de trabalho, a produção de farinha faz parte do perfil familiar. Na produção empresarial é configurada como uma estrutura descentralizada de plantio, colheita e beneficiamento bem amplo com demandas de produção superiores.

Na Figura 4 observa-se uma prensa na casa de farinha e na Figura 5 um forno.



Figura 3. Casa de farinha.



Figura 4. Prensagem separando a biomassa do líquido.



Figura 5. Forno de casa de farinha.

De acordo com Oliveira et al. (2016), a produção de farinha de mandioca gera em média 300 litros de manipueira por tonelada de raiz processada. Machado (2010) observou produção média de 450 litros de manipueira por tonelada no Estado de Sergipe.

Observa-se que o total contabilizado de peso de mandioca processado diariamente nas comunidades, bem como os respectivos quantitativos de litros de manipueira proporcional ao peso médio contabilizado (Tabela 1), nota-se que a quantidade média processada diariamente totaliza 243,6 toneladas bem como o valor potencial de 73.080 litros de manipueira.

Tabela 1. Quantitativo médio de manipueira processada diariamente nas casas de farinha

Local	Mandioca processada (ton/dia)	Produção de manipueira (Litros)
Povoado Pinto	16	4.800
Povoado Breginho	15	4.500
Povoado Buril	23	6.900
Povoado Muritiba	7	2.100
Fazenda Saquinho	4	1.200
Fazenda Marimbondo	9	2.700
Fazenda Aroeira	7	2.100
Povoado Pacheco	15	4.500
Povoado Sapé	6	1.800
Povoado Covão	10	3.000
Fazenda Cansação	1,6	480
Fazenda Olhos D'água	9	2.700
Povoado Machadinho	12	3.600
Fazenda Tocaia	6	1.800
Povoado Selão	12	3.600
Sede	6	1.800
Povoado Estradas das Barreiras	6	1.800
Povoado Barreiras	13	3.900
Fazenda Extrato	6	1.800
Fazenda Limoeiro	6	1.800
Povoado Gangu	12	3.600
Fazenda Sítio do Gangu	1,6	480
Fazenda Taboleiro	9	2.700
Povoado Igreja	9	2.700
Fazenda Barroca Funda	6	1.800
Povoado Umbaúba	9	1.800
Fazenda Alto do Nascísio	1	300
Fazenda Genipapo	1,6	480
Fazenda Genipapo dos Tuntas	1	300
Fazenda Torres	0,8	240
Fazenda Bambão	3	900
Total	243,6	73.080



Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), no ano de 2015, o Brasil teve uma produção de 22,8 milhões de toneladas de mandioca. Caso toda a mandioca fosse destinada à produção de farinha, então a manipueira gerada no processo, se hidrolisada e fermentada a etanol, poderia gerar 4,4 mil m³ do produto. Conforme o IBGE (2017) o município de Crisópolis produziu 20.700 toneladas de mandioca e foi plantado 2.000 ha e mesmo considerando que nesse ano o município enfrentava importante seca, teria o potencial de produzir 40.013.1 litros de etanol.

Conforme Urbano et al. (2009), de acordo com pesquisa efetivada no que se refere a hidrólise, obtiveram 92,63% de rendimento e na fermentação 96,18%, onde concluíram que para cada tonelada de manipueira é possível obter 19,33 litros de etanol. Barana (2000) também identificou que para cada 300 litros de manipueira poderá produzir 19,33 litros de álcool.

Igualmente, pode-se observar no que tange ao quantitativo de peso diário processado totalizado de 243,6 toneladas de mandioca o que corresponde a um potencial produtivo diário de 4.708 litros de etanol.

Conclusão

Foi constatado que município em estudo possui 117 casas de farinha.

Identificou-se que é processado o quantitativo diário de 243,6 toneladas com média de 73.080 litros de manipueira, podendo ocorrer produção média diária de 4.708 litros de etanol.

O potencial produtivo de etanol diário pela utilização de manipueira seria significativa, podendo gerar maior renda aos produtores de farinha do município.

Referência Bibliográfica

AVANCINI, S. R. P. Caracterização química, microbiológica e toxicológica da água da fermentação do amido de mandioca. 104pf. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

BARANA, A. C. Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica. 95f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.

BARBOSA, E. F. Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. 2008. Disponível em: https://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino_2013_2/Instrumento_Coleta_Dados_Pesquisas_Educacionais.pdf. Acesso em: 14 nov. 2020.

BRINGHENTI, L.; CABELLO, C.; URBANO, H. L. Fermentação alcoólica de substrato amiláceo hidrolisado enriquecido com melão de cana. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.2, p.429-432, 2007.



- CAMILI, E. A.; PINTO, P. H. M.; URBANO, L. H.; SUMAN, P. A.; CABELLO, C. Obtenção de etanol utilizando resíduo líquido (manipueira) secado ao sol obtido em indústrias processadoras de farinha de mandioca. In: Congresso Brasileiro de Mandioca, 13, 2009. Anais...2009.
- CAMILI, E. A.; CABELLO, C. Produção de etanol de manipueira tratada com processo de flotação. Revista Raízes e Amidos Tropicais, v.3, n. esp., 2007.
- CARVALHO, J. C. DE. et al. Biorefinery integration of microalgae production into cassava processing industry: potential and perspectives. Bioresource Technology, v.247, p.1165-1172, 2018.
- CEREDA, M. P.; BRASIL, O. G.; FIORETTO, A. M. C. Micro-organismos com respiração resistente ao cianeto isolados de líquido residual de fecularia. Phyton, v.41, n.2, p.197-201, 1981.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Estudo do processo de fabricação da farinha de mandioca. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.
- COELHO, J. D. Produção de mandioca: raiz, farinha e fécula. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 4, n.102, 2019. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/212>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Conjuntura Mensal – Mandioca. 2016. 9p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_0_1_09_37_05_mandiocamarco_2016.pdf. Acesso em: 17 nov. 2020.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2011. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2011/junho/2a-semana/manipueira-umliquido-precioso/>. Acesso em: 05/05/2015.
- FABRICIO, A. N. Determinação dos custos de produção do etanol a partir da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pelo método de custeio baseado em atividades (ABC). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª Edição São Paulo: Atlas, 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/crisopolis/panorama>. Acesso em: 03 dez. 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 03 dez. 2020.
- LAGO, V. B.; OURO, J. M. Investigação da sustentabilidade das casas de farinha na sede do município de Varzedo-BA. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade Adventista da Bahia. 2010.
- MACHADO, A. M. C. Potencial das biomassas disponíveis no Nordeste Brasileiro como fontes alternativas de geração de energia. 93f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2010.



- OLIVEIRA, L. B.; GUERRA, J. C.; WILLERS. Análise dos processos agroindustriais de Vitória da Conquista-BA: uma proposta para práticas mais sustentáveis. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 8, 2016, Poços de Caldas. Anais...Poços de Caldas, 2016.
- PAVLAK, M. C.; ZUNIGA, A. D.; LIMA, T. L. A.; PINEDO, A. A.; CARREIRO, S. C.; FLEURV, C. S.; SILVA, D. L. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. Evidência, v.7, n.1, p.7- 24, 2007.
- RODRIGUES, W. C. Metodologia científica. Faetec/IST. Paracambi, p.01-20. 2007. Disponível em: http://www.academia.edu/download/33851445/metodologia_cientifica.pdf. Acesso em: 18 nov. 2020.
- SANTANA, J. E. DE; COELHO, A. C. D.; MOTTA SOBRINHO, M. A. DA. Produção de álcool a partir do resíduo da produção de farinha de mandioca. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. Anais...São Paulo, 2017.
- SILVA, A. K. S. Sistema de produção e beneficiamento da mandioca de mesa: caso da empresa Bill. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. Assis, 2015.
- SOUZA, L. M. D.; MENEGON, N. L. Desenvolvimento tecnológico e análise da demanda na produção familiar de farinha de mandioca: o caso da farinha d'água. Revista Ação Ergonômica, v.10, n.2, 2015.
- SUMAN, P. A.; URBANO, L. H.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Efeitos de parâmetros de fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira). Acta Scientiarum, v.33, n.4, p.379-384, 2011.
- URBANO, L. H.; SUMAN, P. A.; LEONEL, M. Rendimento de processo de produção de etanol a partir da manipueira. Revista Raízes e Amidos Tropicais, v.5, p.778-782, 2009.

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA TEMPORAL DA COBERTURA E USO DAS TERRAS DO MUNICÍPIO DE PATOS-PB UTILIZANDO MAPBIOMAS[©]

Paulo Roberto Megna Francisco

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

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

João Miguel de Moraes Neto

²Dr. Prof. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, j.miguel.moraes@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0001-7672-5540>

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>

Introdução

Os fenômenos terrestres vêm sendo, a cada dia, mais bem compreendidos com a adoção de uma abordagem multi e interdisciplinar, por meio da integração do estudo das diversas variáveis que controlam os sistemas naturais, mesmo que modificados em relação aos originais, como, por exemplo, os ecossistemas agrícolas (VIDAL-TORRADO et al., 2005). Embora as modificações antrópicas das paisagens em todo o mundo tenham acontecido ao longo da história, prioritariamente para obtenção



de alimentos e outros itens essenciais, o ritmo e a magnitude das mudanças recentes têm ocorrido sem precedentes (ANTUNES et al., 2019).

Fernandes et al. (2015) afirmam que, os estudos da cobertura florestal ou da cobertura e do uso da terra, sua dinâmica e seus impactos aumentaram com as pesquisas quanto as mudanças ambientais nas últimas décadas, quanto a região semiárida do Brasil (SILVA et al., 2011; CUNHA et al., 2012; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2014). Silva et al. (2009), avaliando a dinâmica espaço-temporal da vegetação do semiárido de Pernambuco, verificaram que a Caatinga diminuiu, mostrando que as áreas analisadas encontram-se em processo de perda da vegetação.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenamento ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente. Como consequência natural, o uso de geoprocessamento em projetos ambientais requer o uso intensivo de técnicas de integração de dados e combine ferramentas de análise espacial, processamento de imagens e geoestatística (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

De acordo com Facco et al. (2017), a análise temporal de imagens de Sensoriamento Remoto de um município, 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.

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). Conforme Francisco et al. (2012), na atualidade, o avanço da tecnologia da informação, a disponibilização de imagens de satélite em altas resoluções e de programas computacionais para a análise ambiental houve um grande avanço nos estudos relacionados à gestão dos recursos naturais.

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 - MapBiomass[®] apresenta 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) e Lima et al. (2017) e Almeida et al. (2018) apresentam 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.



Neste contexto, o recurso à representação dos fluxos por intermédio de diagramas de Sankey tem sido prática comum em diversas áreas, por Schmidt (2008) na análise dos fluxos de energia por Soundararajan et al. (2014); na dinâmica de alteração da ocupação do solo por Cuba (2015) e Antunes et al. (2019); na análise de fluxos de base florestal por Lenglet et al. (2017); na caracterização dos fluxos de biomassa por Camia et al. (2018) e por Cunha e Marques (2021). Conforme Schmidt (2008), o Diagrama de Sankey foi inicialmente proposto para representar o fluxo de energia e sua distribuição ao longo de várias direções. Cada direção é representada por uma linha ou seta, cuja espessura indica a sua proporção ou quantidade de energia. Linhas mais espessas representam maior quantidade de energia sendo transmitida por aquela direção, enquanto que linhas mais finas representam menor energia sendo transmitida. O mesmo conceito pode ser aplicado a outros tipos de variáveis e magnitudes.

A estatística descritiva compreende técnicas que se usam para resumir e descrever dados. A estatística descritiva, segundo Silvestre (2007), é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados através de indicadores sintéticos ou sumários. Várias pesquisas em diversas áreas e com variadas ferramentas a utilizaram, como Lima et al. (2009) em variabilidade espacial da textura de solo e vegetação; Motomiya et al. (2012) em índice de vegetação de algodão; Francisco et al. (2012) mapeamento a caatinga; Zanzarini et al. (2013) na correlação espacial do índice de vegetação; Francisco et al. (2016a) na discriminação de cenários pluviométricos; Francisco et al. (2016b) no mapeamento da insolação; Macedo et al. (2015) na caracterização espaço-temporal e quantificação da cobertura vegetal; Santos et al. (2019) em correlação entre índices de vegetação; e Francisco et al. (2021) no estudo da dinâmica temporal da cobertura e uso da terra.

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar estatisticamente dados temporais da cobertura e uso da terra do município de Patos-Paraíba utilizando uma série do Mapbiomas de 36 anos entre 1985 a 2020.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o município de Patos com área de 472,982 km² localizado no Estado da Paraíba, região do Sertão, com uma população de 108.766 habitantes, perfazendo divisa com os municípios de São José de Espinharas, Malta, Catingueira, São José do Bom Fim, Cacimba de Areia, Quixabá e São Mamede (Figura 1) (IBGE, 2022). O município apresenta como reservas de água o Açude Jatobá e a Barragem da Farinha e é contemplado pelos rios Farinha e Cruz que forma o Espinharas (ANA, 2014).

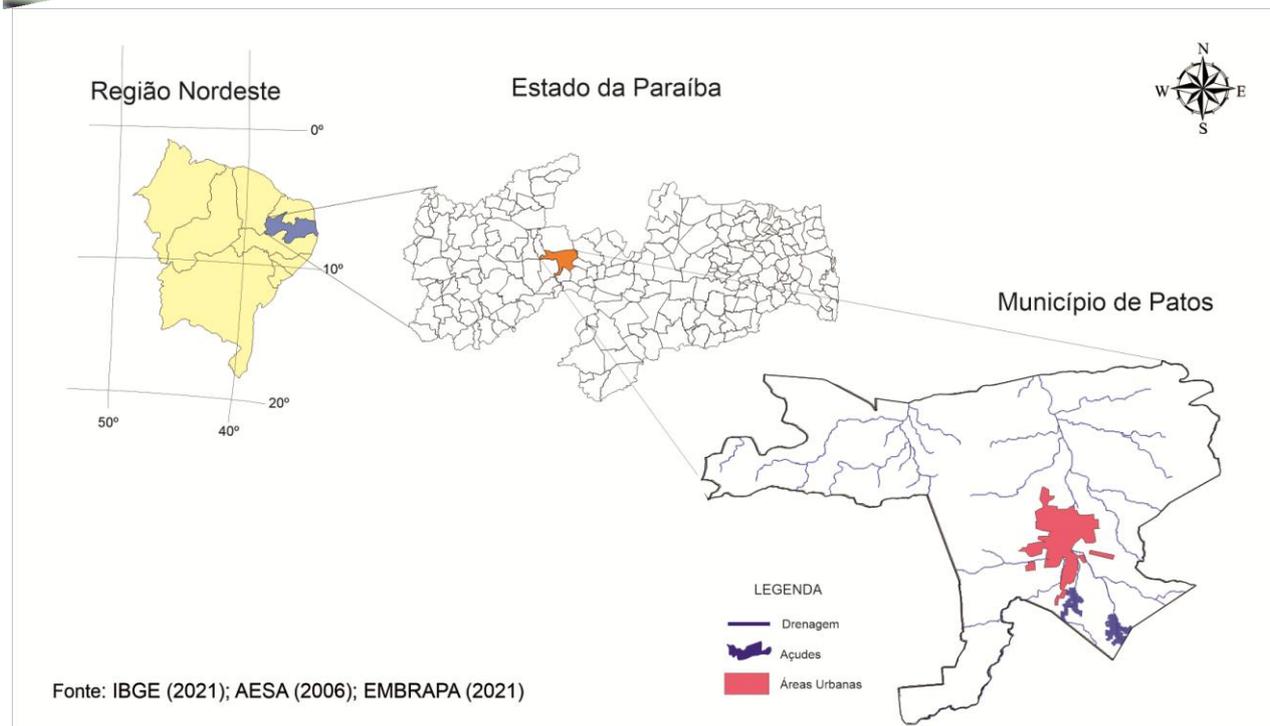


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de IBGE (2021); AESA (2006); 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) e de acordo com Francisco et al. (2015) Aw' – Tropical Quente e Úmido com chuvas de verão-outono. A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila. O autor afirma que a região polarizada pela cidade de Patos, a altitude é inferior a 350m, onde os solos predominantes é o Luvissole Crômico fase pedregosa relevo suave ondulado associado ao Neossolo Litólico Eutróficos fase pedregosa e rochosa relevo ondulado; ocorrendo a presença de Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo plano, ao longo da drenagem (Figura 2).

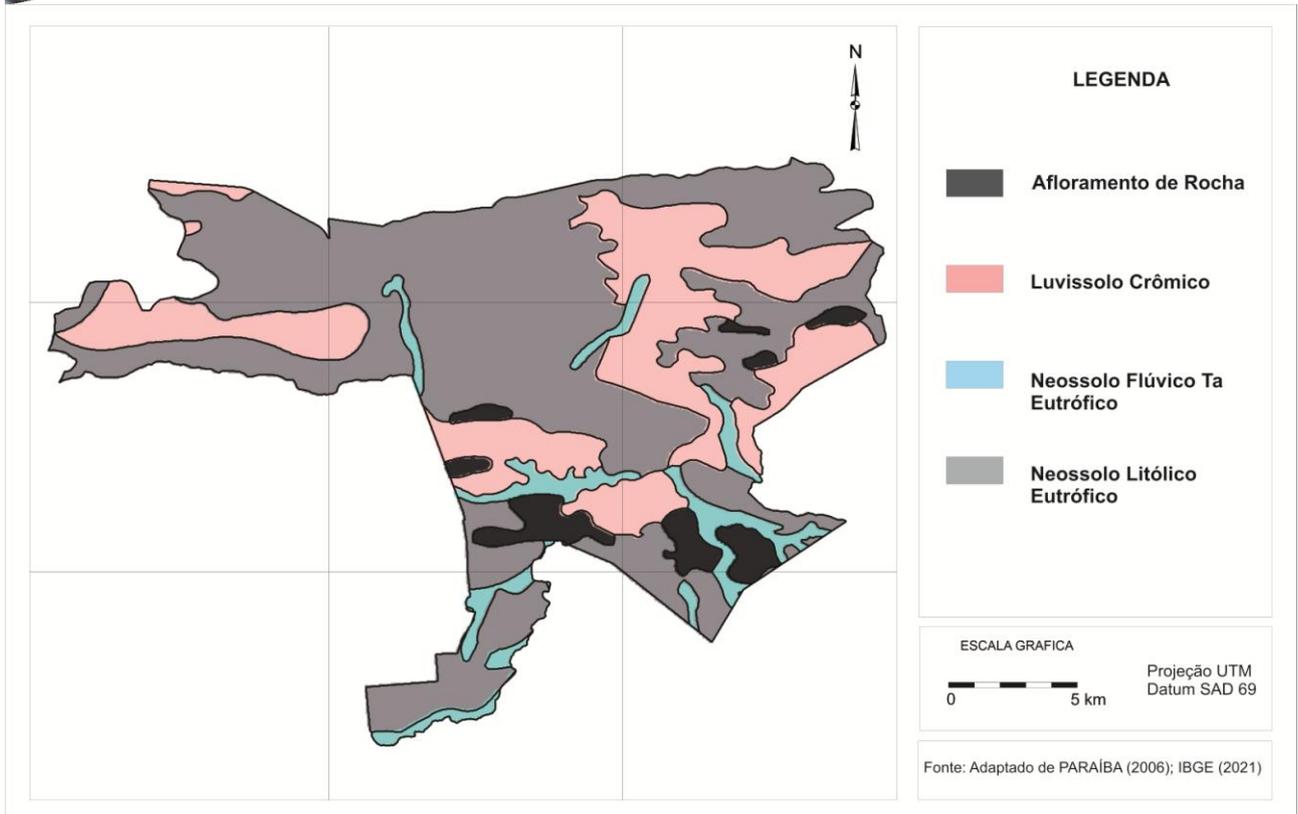


Figura 2. Solos do município de Patos-PB. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Neste trabalho foi obtido no MapBiomias® (2022), para uma série de 36 anos entre 1985 a 2020, um mosaico das 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 gerado e obtido os dados estatísticos do uso e cobertura do solo da área em hectares.

Foi obtido o diagrama de Sankey conforme a metodologia de Schmidt (2008), elaborado automaticamente pelo sistema Mapbiomas, onde este é capaz de representar o fluxo de transições de áreas entre as classes temáticas ao longo da série temporal estudada.

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).

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



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), Anderson-Darling (1954), Lilliefors (1967), Jarque-Bera (1987) e Mann-Kendall (1967; 1945).

Resultados e Discussão

Na Figura 3 pode-se observar a distribuição da cobertura e uso do solo da área de estudo para o ano de 1985 seguido da Figura 4 para o ano de 2020.

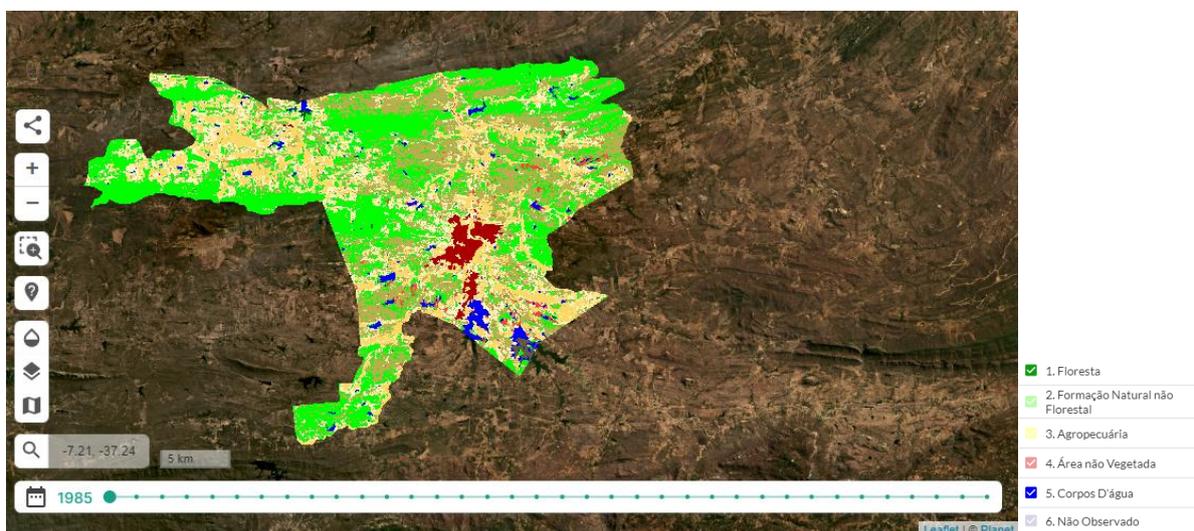


Figura 3. Cobertura e uso do solo do ano de 1985. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).

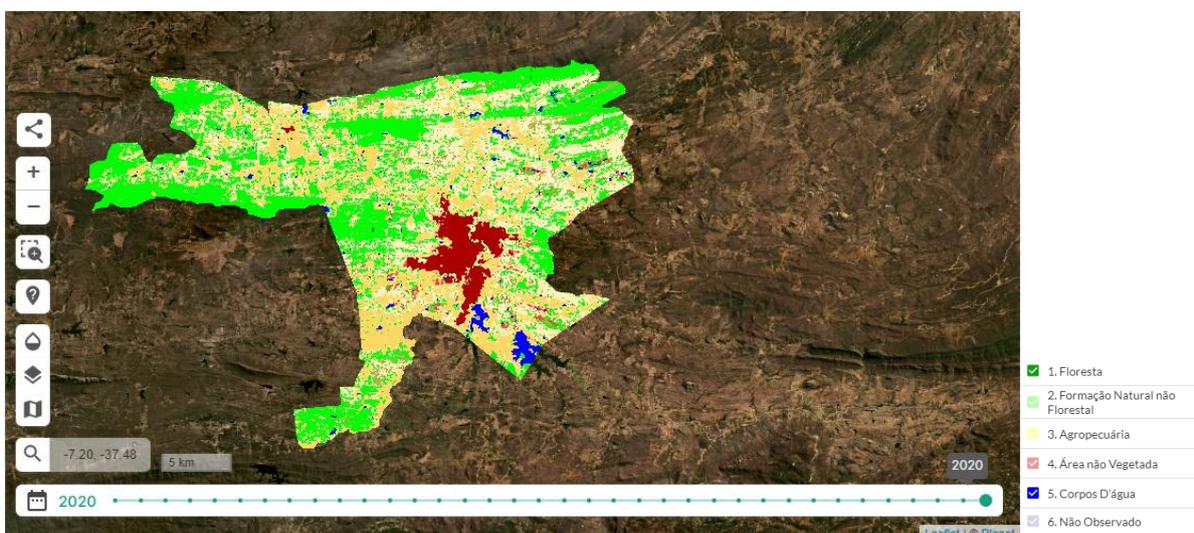


Figura 4. Cobertura e uso do solo do ano de 2020. Fonte: adaptado de Mapbiomas (2022).



Na Tabela 1, observam-se os dados do mapeamento, os valores em área e porcentagem de ocupação das classes de cobertura e uso da terra e sua variação espaço-temporal. Para os dados de 1985 e 2020, constata-se do total de 47.298,20 ha que ocorre alterações pouco significativas na classe Floresta, com perda de área de 0,7%. Silva et al. (2021), utilizando o MapBiomias e avaliando as mudanças de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica no nordeste da Bahia, região semiárida, observaram aumento de 0,52% nesta classe, resultado similar a este estudo. Em região semiárida Pernambucana, Santos et al. (2021) observaram entre 2011 e 2018 um acréscimo de área nesta mesma classe em 5,6% aproximadamente.

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

Classes	1985 (ha)	(%)	2020 (ha)	(%)
Floresta	16.698,10	35,30	16.364,16	34,60
Formação Natural Não Florestal	12.161,80	25,71	1.688,01	3,57
Agropecuária	15.952,26	33,73	25.859,59	54,67
Área Não Vegetada	1.501,54	3,17	2.591,75	5,48
Corpos D'água	984,50	2,08	794,69	1,68
Total	47.298,20	100,00	47.298,20	100,00

Francisco et al. (2012) afirmam que esse comportamento temporal dá uma ideia da capacidade de recuperação da vegetação de caatinga, que aumenta a biomassa, onde também este comportamento pode estar relacionado com a ocorrência de maior umidade nestas áreas. 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 12.161,8 ha (25,71%) para 1.688,01 ha (3,57%) em 2020, representando em torno de 10.473,79 ha em perda de área. Esta perda está relacionada com o aumento na classe Agropecuária de 15.952,26 ha para 25.859,6 ha, representando 20,94% de aumento neste período temporal. Aumento este relacionado ao processo de expansão dessas culturas por meio da conversão de áreas tradicionais de pastagem. Situação similar observada por Esquerdo et al. (2018) avaliando da dinâmica de uso e cobertura da terra em Santo Afonso-MT. 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).



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, 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.

Para a classe Não Vegetada observa-se que ocorre aumento de 1.501,54 ha em 1985 para 2.591,75 ha em 2020, com acréscimo de 2,31% de área nesta classe, isto devido à urbanização da cidade ocorrida durante os 36 anos. Entre 1985 e 2010, Assis et al. (2014) observaram aumento de 3,5% na área urbana no município de Belém de São Francisco, Pernambuco, região semiárida.

A classe Corpos d'água apresenta uma variação negativa em 0,4% durante o período de estudo, isto devido a variação pluviométrica nas últimas décadas. Silva et al. (2021) observaram uma variação de 0,127% de 1985 a 2020.

Para a classe Floresta, observa-se pequena diminuição de 0,7% nas áreas no espaço temporal, estando distribuídas em áreas de serra e próximas drenagens devido a maior umidade disponível. Resultado similar ao encontrado por Francisco et al. (2021) estudando a dinâmica da vegetação em bacia hidrográfica em região semiárida. De acordo com Francisco (2010), esse comportamento temporal representa a capacidade de recuperação da vegetação de caatinga.

Fazendo uso do mapa de solos (Figura 2), pode observar-se que existe uma estreita relação entre áreas mais altas e declivosas e os solos Neossolos Litólicos com unidades mais densas de vegetação. Paes-Silva et al. (2003), Francisco (2013), Francisco et al. (2014) e Francisco et al. (2021) estudando a região semiárida em regiões próximas a área de estudo, também observaram esta relação entre vegetação e áreas declivosas e de difícil acesso.

Na Figura 5 pode-se observar o diagrama de Sankey multitemporal gerado pelo plataforma Mapbiomas, que possibilita uma análise detalhada das transições de uso e cobertura da terra considerando outros mapeamentos no período.

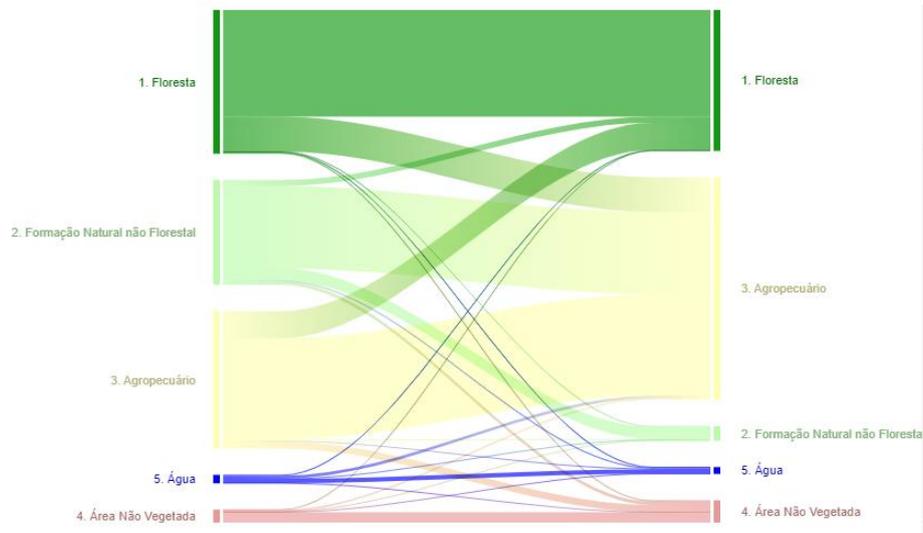
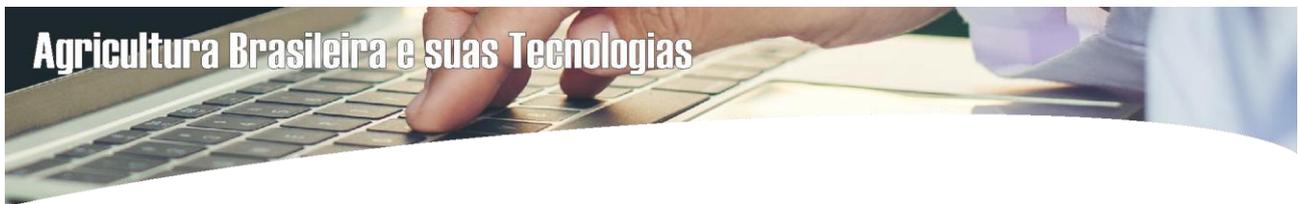


Figura 5. Diagrama de Sankey da transição espaço-temporal. Fonte: dados do MapBiomias (2022).

Pode-se observar no Diagrama de Sankey que, o maior fluxo em direção a classe Agropecuária em 2020 é originário da própria classe em 2004 e da perda de área de classe da Formação Natural Não Florestal, o que está relacionado ao processo de intensificação da agricultura. Antunes et al. (2019) afirmam que o crescimento na produção agrícola normalmente está associado à incorporação de áreas anteriormente destinadas a pecuária. Fernandes et al. (2015) afirmam que este crescimento de área está relacionado a disponibilidade de áreas potencialmente irrigáveis como um esforço sistemático para aproveitamento dos recursos hídricos. Valle et al. (2012), em um diagnóstico de mudança do uso da terra entre 1978 e 2011 no Triângulo Mineiro, mostraram que a vegetação nativa reduziu sua área em 19,2%, sendo substituída por agricultura e pastagem. 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.

Verifica-se um fluxo da classe Floresta convertida para a classe Agropecuária, revelando que essa transição é uma das dinâmicas características da Caatinga. Fernandes et al. (2015) avaliando a região semiárida do Estado de Sergipe observou o processo de conversão de Caatinga em áreas de produção agropecuária próxima a rios. De acordo com o IBGE (2021) o bioma caatinga é afetado pela supressão de vegetação nativa para o uso e ocupação de áreas com atividades da agropecuária intensiva.

Sousa et al. (2008b), comentam que os prejuízos ambientais estão quase sempre relacionados ao uso indevido do solo pelas diversas atividades degradantes. Assim, a retirada da cobertura vegetal para implantação de agricultura de autoconsumo ou para pecuarização extensiva sem práticas de



conservação ambiental compromete, a médio e longo prazo, as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, inviabilizando essas áreas a uma exploração sustentável no futuro.

A classe Corpos D'água apresenta uma pequena dinâmica entre as demais classes, isto devido a umidade que colabora na manutenção das áreas vegetadas próximas como também na expansão de áreas agrícolas próximas aos reservatórios. Resultados similares encontrado por 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. De acordo com Carvalho et al. (2021), o Açude Jatobá e a Barragem da Farinha entre os anos de 2009 a 2017 ocorreram uma redução no espelho d'água de 61,13 e 80,60%, respectivamente, devido às irregularidades das chuvas e aos baixos índices pluviométricos ocorridos.

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 Floresta entre 15.580 e 21.405 com uma média 17.935,3. A variável Agropecuária é a que apresenta a maior média entre as demais, seguida da variável Floresta.

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	15.580,00	21.405,00	17.935,30	1.466,44
Formação Natural Não Florestal	1.145,00	12.355,00	4.768,05	2.898,87
Agropecuário	14.614,00	28.010,00	21.669,72	2.826,04
Área Não Vegetada	1.502,00	2.741,00	2.037,44	419,71
Corpos d'água	330,00	1.420,00	877,88	308,51

No gráfico de dispersão (Figura 6) da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020 pode-se verificar o comportamento das classes em estudo. Pode-se observar que na classe Floresta ocorre periodicamente um crescimento de área e uma diminuição entre 1995, 2005 e 2015, talvez devido a ocorrência de maior pluviosidade na região e após a menor ocorrência entre os anos, situação também observada por Medeiros et al. (2016) realizando comparativo temporal da vegetação na região. Observa-se também a variação na classe Agropecuária, e o inverso nas classes Floresta e Formação Natural Não Florestal. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021).

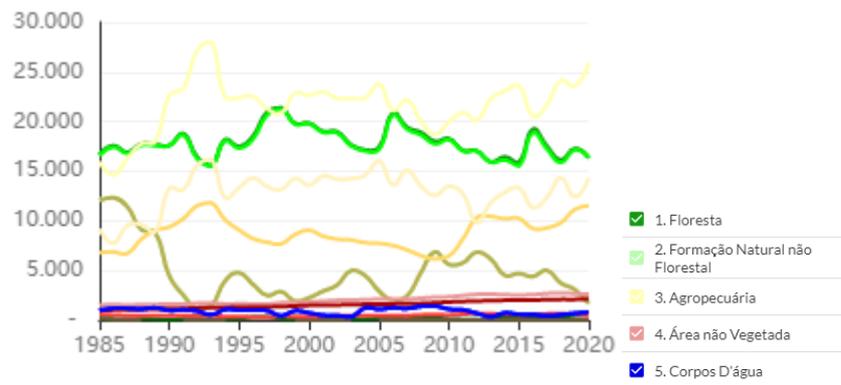
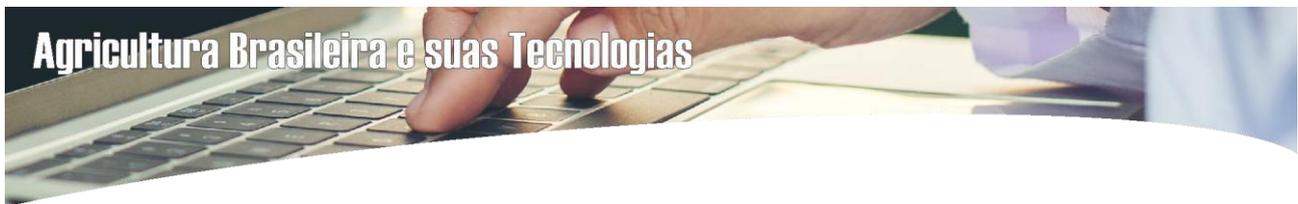


Figura 6. Evolução da cobertura e uso do solo entre 1985 a 2020.

Medeiros et al. (2020) afirmam que, no ano de 1985 ocorreu a maior precipitação durante a ocorrência da La Niña. Silva (2017) destaca que, para o mesmo ano teve atuação do Dipolo do Atlântico Negativo aumentando a precipitação, e o ano que registrou a menor precipitação foi 2013, durante a ocorrência do El Niño. Marengo et al. (2018) enfatiza que durante o período 2012-2013, a precipitação foi entre 100 e 300 mm ano⁻¹ abaixo da média no semiárido. Observa-se na Figura 6 na classe Floresta e Formação Natural Não Florestal este comportamento da vegetação quanto a precipitação ocorrida no município de Patos.

De acordo com Medeiros et al. (2020), os anos de 1985, 1994, 1996, 2008, 2009, registraram a ocorrência da La Niña com intensidade moderada e anos neutros, sendo classificados como Muito chuvoso. Ocorrências estas que se pode também verificar por este trabalho no comportamento dinâmico da vegetação neste espaço tempo ocorrido.

Pelos dados estatísticos, observa-se pela Figura 7 que as menores variações de amplitude apresentam-se nas classes Área Não Vegetada e Corpos d'água. Com relação à variabilidade entre 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).

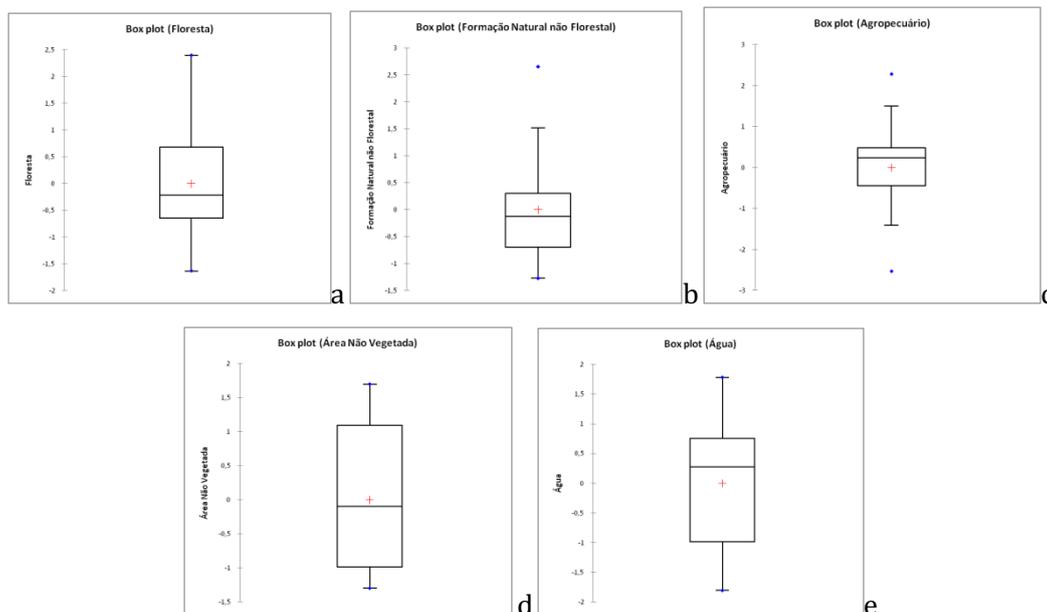


Figura 7. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.

No Teste de normalidade observa-se que a distribuição apresenta-se irregularidades nas classes Formação Natural Não Florestal (Figura 8b), Agropecuária (Figura 8c), Área Não Vegetada (Figura 8d) e Água (Figura 8e). Observa-se que a maior regularidade apresenta-se na classe Floresta. Resultado similar encontrado por Francisco et al. (2021) avaliando bacia hidrográfica em região semiárida.

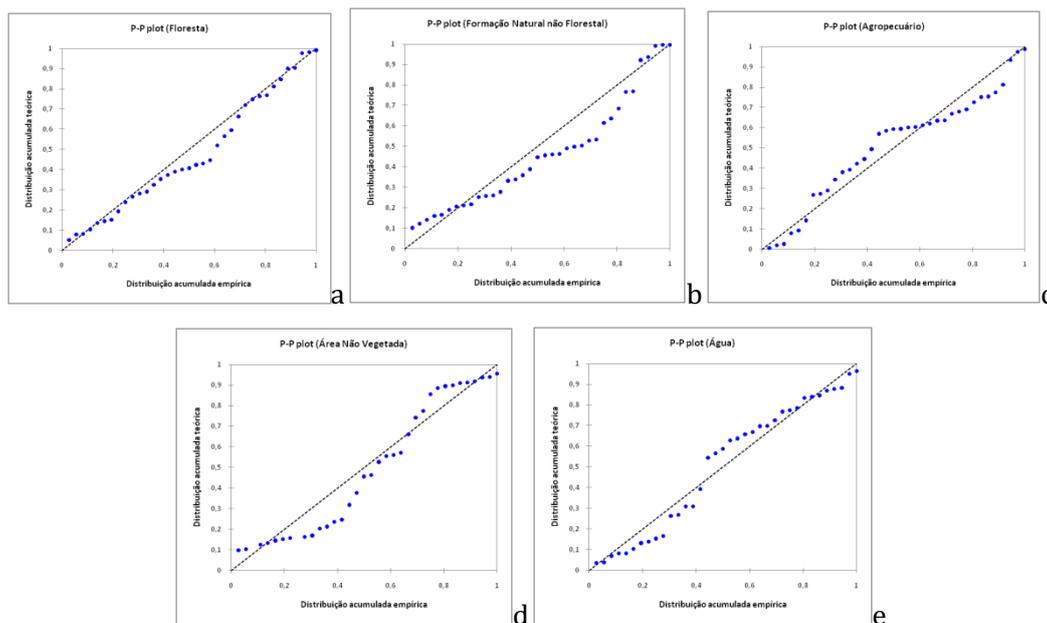


Figura 8. Boxplot das classes de cobertura e uso da terra. a) Floresta, b) Formação não natural, c) Agropecuária, d) Área não vegetada, e) corpos d'água.



Na Tabela 3 pode-se observar que os resultados dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Lilliefors e Jarque-Bera foram semelhantes entre si para a variável Formação Natural Não Florestal o que leva a aceitar a hipótese de normalidade nos dados. Resultado similar observado por Francisco et al. (2021).

Tabela 3. Testes de normalidade

Variável/Teste	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lilliefors	Jarque-Bera
Floresta	0,1931	0,2598	0,0927	0,3321
Formação Natural Não Florestal	0,0005	0,0005	0,0024	0,0038
Agropecuário	0,0888	0,0178	0,0331	0,4786
Área Não Vegetada	0,0017	0,0011	0,0126	0,1655
Água	0,0941	0,0647	0,1472	0,3447

Para a variável em estudo Área Não Vegetada os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling são semelhantes entre si. O teste de Jarque-Bera apresenta diferença entre todas as variáveis e os demais testes.

A concordância entre os testes utilizados neste trabalho, conforme o MapBiomas[®] (2021) é devido que a mesma utiliza imagens Landsat (TM, ETM+ e OLI) com a técnica Random Forest, onde realiza análise de acurácia onde os pontos são comparados aos mapas na geração da matriz de confusão e cálculo da acurácia global por bioma, além de erros de omissão e comissão por classe de cobertura e uso da terra, para cada ano estudado (GANEM et al., 2020).

Conclusão

A utilização da aplicação Web MapBiomas como ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos proporcionou resultados satisfatórios com rapidez e precisão.

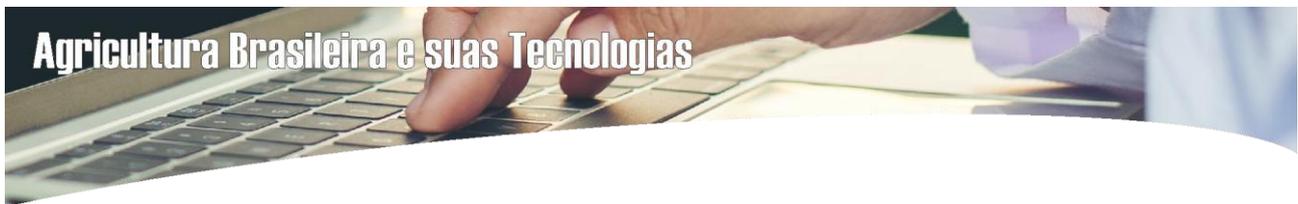
Observou-se que ocorreram mudanças significativas de área nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária onde ocorreram os maiores desvios.

A distribuição não se apresentou simétrica, a curtose indicou uma distribuição platicúrtica, onde as maiores variações de amplitude e distribuição irregular apresentaram-se nas classes Formação Natural Não Florestal e Agropecuária.

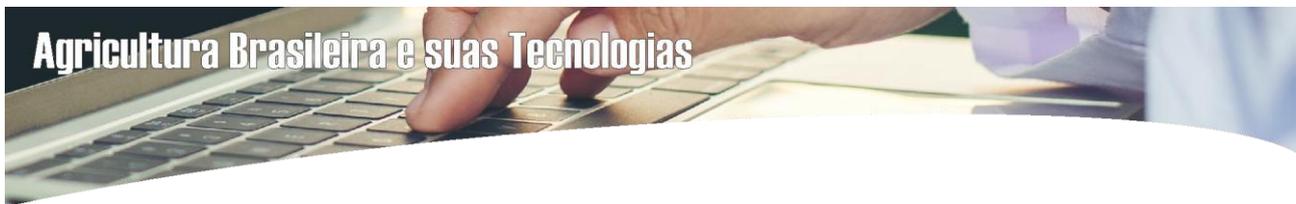
Pode-se afirmar que existe a concordância entre os testes utilizados neste trabalho e a análise de acurácia elaborada nas imagens pelo Mapbiomas.

Referências Bibliográficas

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de julho 2018.



- 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.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Brasília, 2014. 312p. Disponível em: <http://piranhasacu.ana.gov.br/produtos/sinteseDiagnostico.pdf>. Acesso em: 08/04/2022.
- ANDERSON, T. W.; DARLING, D. A. A test of goodness of fit. *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.
- ASSIS, J. M. O. DE; CALADO, L. DE O.; SOUZA, W. M. DE; SOBRAL, M. DO C. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco-PE nos anos de 1985 e 2010. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.5, p.859-870, 2014.
- 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.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. 2. ed. INPE. São José dos Campos, 1998. 194p.
- CAMIA, A.; ROBERT, N.; JONSSON, R.; PILLI, R.; GARCÍA-CONDADO, S.; LÓPEZ-LOZANO, R.; VELDE, M. VAN DER; RONZON, T.; GURRÍA, P.; M'BAREK, R.; TAMOSIUNAS, S.; FIORE, G.; ARAUJO, R.; HOEPFFNER, N.; MARELLI, L.; GIUNTOLI, J. Biomass production, supply, uses and flows in the European Union. First results from an integrated assessment. Publications Office, 2018. 126p.
- 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*, 18, n.1, p.64-72, 2014.
- CUBA, N. Research note: Sankey diagrams for visualizing land cover dynamics. *Landscape and Urban Planning*, v.139, p.163-167, 2015.
- 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.
- CUNHA, J.; MARQUES, A. Análise dos principais fluxos de abastecimento de biomassa florestal em Portugal. *Silva Lusitana*, v.29, n.1, p.7-37, 2021.



EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 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.

ESQUERDO, J. C. D. M.; ANTUNES, J. F. G.; COUTINHO, A. C.; SANTOS, J. L. DOS; PARIZZI, T. N. T.; BERTOLO, L. S. Avaliação da dinâmica de uso e cobertura da terra em municípios da BAP a partir da plataforma Web dos dados TerraClass Amazônia. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 7, 2018, Jardim. Anais...Jardim, 2018.

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 Ambient.*, 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.

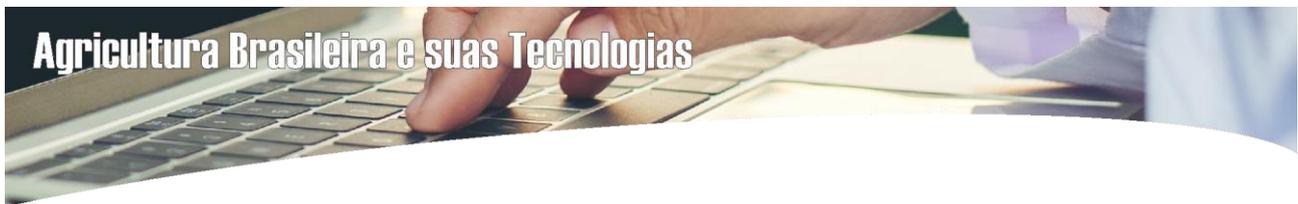
FRANCISCO, P. R. M.; AYRES, G. D. J.; SILVA, V. F.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; PEDROZA, J. P. Dinâmica temporal da cobertura e uso da terra da região do médio curso do rio Paraíba. In: (Org). FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. Tecnologias aplicadas às pesquisas: GEO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

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; 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.

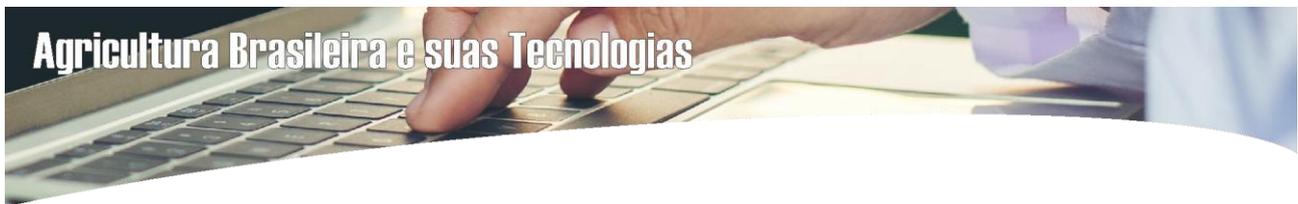
FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, B. B. DA. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.3, p.676-693, 2012.

FRANCISCO, P. R. M.; 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.

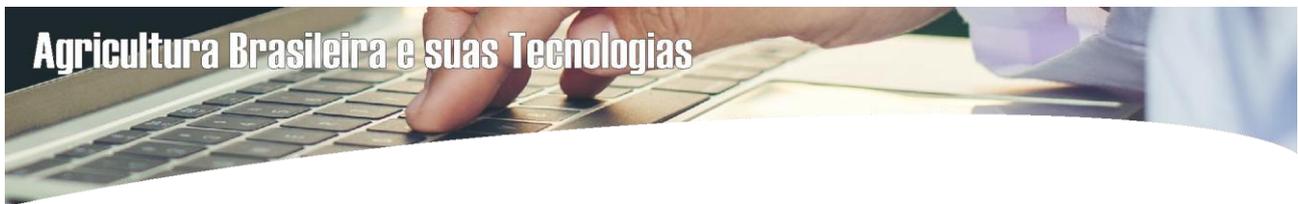
FRANCISCO, P. R. M.; MELLO, V. DA S.; BANDEIRA, M. M.; MACEDO, F. L. DE; SANTOS, D. Discriminação de cenários pluviométricos do estado da Paraíba utilizando distribuição Gama Incompleta e Teste Kolmogorov-Smirnov, v.9, n.1, p.47-61, 2016a.



- 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.
- FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. DO. N.; MORAES NETO, J. M. DE; ARAGÃO, K. P. Avaliação da degradação da caatinga do município de Sumé-PB estimado pelo Volume de Biomassa da Vegetação Lenhosa. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.7, n.1, p.117-129, 2014.
- 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.
- 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.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de abril de 2021.
- 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.
- IBGE. Biomas Brasileiros. 2021. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em: 2 de abril de 2022.
- JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, v.55, p.163-172, 1987.
- KENDALL, M. A.; STUART, A. The advanced theory of statistics. 2nd ed. Londres: Charles Griffin, 1967.
- LENGLET, J.; COURTONNE, J.; CAURLA, S. Material flow analysis of the forest-wood supply chain: A consequential approach for log export policies in France. *Journal of Cleaner Production*, v.165, p.1296–1305, 2017.
- LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v.62, n.318, p.399-402, 1967.
- LIMA, J. S. DE S.; SATTTLER, M. A.; XAVIER, A. C.; OLIVEIRA, R. B. DE; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C. Variabilidade espacial da textura de um Argissolo Vermelho Amarelo sob cultivo de pastagem e vegetação nativa. *Ciência Rural*, v.39, n.9, p.2634-2637, 2009.
- 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.



- MACEDO, M. L. A. DE; SILVA, G. J. F. DA; SOUZA, B. I. DE; LIMA, E. R. V. DE. Caracterização espaço-temporal e quantificação da cobertura vegetal no Alto Curso do Rio Paraíba-PB. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 16, 2015, Teresina. Anais...Teresina, 2015.
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, v.13, n.3, p. 245-259, 1945.
- 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 agosto de 2021.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.90, n.2, p.1973-1985, 2018.
- MEDEIROS, B. M.; LISBOA, F. D. S.; DUARTE, I. G.; SILVINO, G. DA S. Análise temporal comparativa do comportamento da vegetação em área semiárida na região da bacia hidrográfica do rio Farinhas, Patos – PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, 2016. Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.
- 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.
- MOTOMIYA, A. V. DE A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BAILO, F. H. R. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.42, n.1, p.112-118, 2012.
- 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.1, p.47-59, 2003.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- 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.
- SANTOS, A. G. B. DOS; BEZERRA, A. C.; NASCIMENTO, A. H. C. DO; SOUZA, L. S. B. DE; SILVA, J. L. B. DA; MOURA, G. B. DE A. Caracterização morfométrica e uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica do semiárido Pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.14, n.2, p.1036-1043, 2021.
- SILVA, A. R. S.; D'ESQUIVEL, K. S.; ALMEIDA, L. D. S.; LIMA, M. A. C.; FIGUEIREDO, R. M. Dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Mirim, no nordeste baiano. In: Engenharia, Agronomia e Geociência 2014-2021. (Org) FRANCISCO P. R. M.; FURTADO, D. A.; FERREIRA, A. C. Campina Grande: EPTEC, 2021. 193p.



- SILVA, J. M. O. Utilização de Anos-Padrão no Estudo da Variabilidade Pluviométrica no Município do Crato/Ceará. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v.1, p.2060-2072, 2017.
- 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.
- SCHMIDT, M. The Sankey diagram in energy and material flow management: Part I: History. Journal of Industrial Ecology, v.12, n.1, p.82-94, 2008.
- 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, A. DOS S.; SILVA, F. H. DOS S.; SANTOS, G. DOS; LEITE, M. J. DE. H. Desmatamento multitemporal no bioma Caatinga no município de Delmiro Gouveia, Alagoas. Revista Verde, v.14, n.5, ed. esp., p.654-657, 2019.
- SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semiárido de Pernambuco. Revista Caatinga, v.22, n.4, p.195-205, 2009.
- 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.
- 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.
- SILVESTRE, A. L. Análise de dados e estatística descritiva. Escolar Editora. 2007.
- SOUNDARARAJAN, K.; HO, H. K.; SU, B. Sankey diagram framework for energy and exergy flows. Applied Energy, v.136, p.1035-1042, 2014.
- 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, 2008a.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M.; MENESES, L. F.; GADELHA, A. G. Vulnerabilidades e impactos sócios econômicos e ambientais. Engenharia Ambiental, v.5, n.3, p.063-078, 2008b.
- VALLE, R. F. JR; SIQUEIRA, H. E.; GUIDOLINI, J. F.; ABDALA, V. L.; MACHADO, M. F. Diagnóstico de mudanças e persistência de ocupação do solo entre 1978 e 2011 no IFTM-Campus Uberaba, utilizando o Land Change Modeler (LCM). Enciclopédia Biosfera, v.8, n.15, p.672-681, 2012.

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

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.6, p.608-614, 2013.

GEOTECNOLOGIA APLICADA NA CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE IRRIGAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA

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>

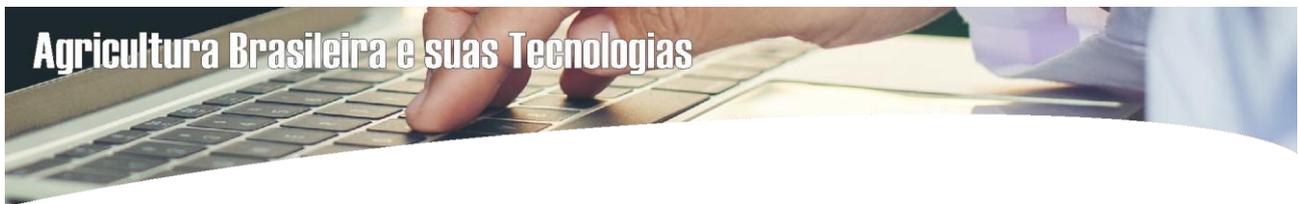
Gypson Dutra Junqueira Ayres

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

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

Introdução

Globalmente, a produtividade obtida com a prática da agricultura irrigada é 2,7 vezes maior do que a obtida pela agricultura tradicional de sequeiro, que é dependente das irregularidades próprias das águas das chuvas. Por isso, a prática da irrigação, que possibilita melhorar o manejo da produção e da disponibilidade de água em quantidade, em qualidade e em oportunidade, e auxilia na eficácia da oferta dos insumos aos cultivos, desempenhará um crescente e fundamental papel na produção agrícola e pecuária (CHRISTOFIDIS, 2013).



Especialistas estimam que, no Brasil, existem cerca de 110 milhões de hectares de solos aptos para expansão e desenvolvimento anual de agricultura em bases sustentáveis e pelos estudos desenvolvidos pelo MMA/SRH/DDH (1999) citado por Christofidis (2013), o Estado da Paraíba apresenta 36.400 hectares com potencial, dados validade pela Agencia Nacional da Águas (ANA, 2017).

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).

A irrigação é uma prática típica de sistemas intensivos de produção agrícola que requer, para a sustentabilidade do agronegócio, de assistência técnica especializada, de forma a garantir boas produtividades, minimização da degradação ambiental e garantia de comercialização do produto (EMBRAPA, 2012).

O dimensionamento dos recursos naturais é fundamental para qualquer projeto de desenvolvimento. No caso particular de um projeto voltado para a atividade hidro agrícola a importância desse recurso é ainda maior, principalmente sob o aspecto qualitativo (PARAÍBA, 1978).

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 prevaletentes.

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

A Paraíba possui uma porção significativa de seu território inserida em ambiente semiárido. Nestas condições, o uso da irrigação se desponta como uma importante tecnologia para aumentar a produção e diversidade de culturas agrícolas. Contudo, para o desenvolvimento de uma agricultura irrigada sustentável requer a disponibilidade de terras com características favoráveis à essa prática.

De acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A, 2009), a bacia do rio Paraíba conta com vários e importantes açudes, como o Epitácio Pessoa, no município de



Boqueirão, com capacidade de 411.000.000 m³ e Acauã, no município de Itatuba, com capacidade de 253.000.000 m³. Configurando em um dos mais importantes reservatórios de água do Estado, sendo utilizada para abastecimento público, irrigação, entre outras atividades econômicas.

O presente trabalho tem o objetivo de realizar para a região do médio curso do rio Paraíba, o estudo e mapeamento das áreas potencialmente irrigáveis da extensão do projeto de integração do Rio São Francisco utilizando geotecnologias para subsidiar o planejamento das atividades agrícolas das terras.

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 6^a 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).

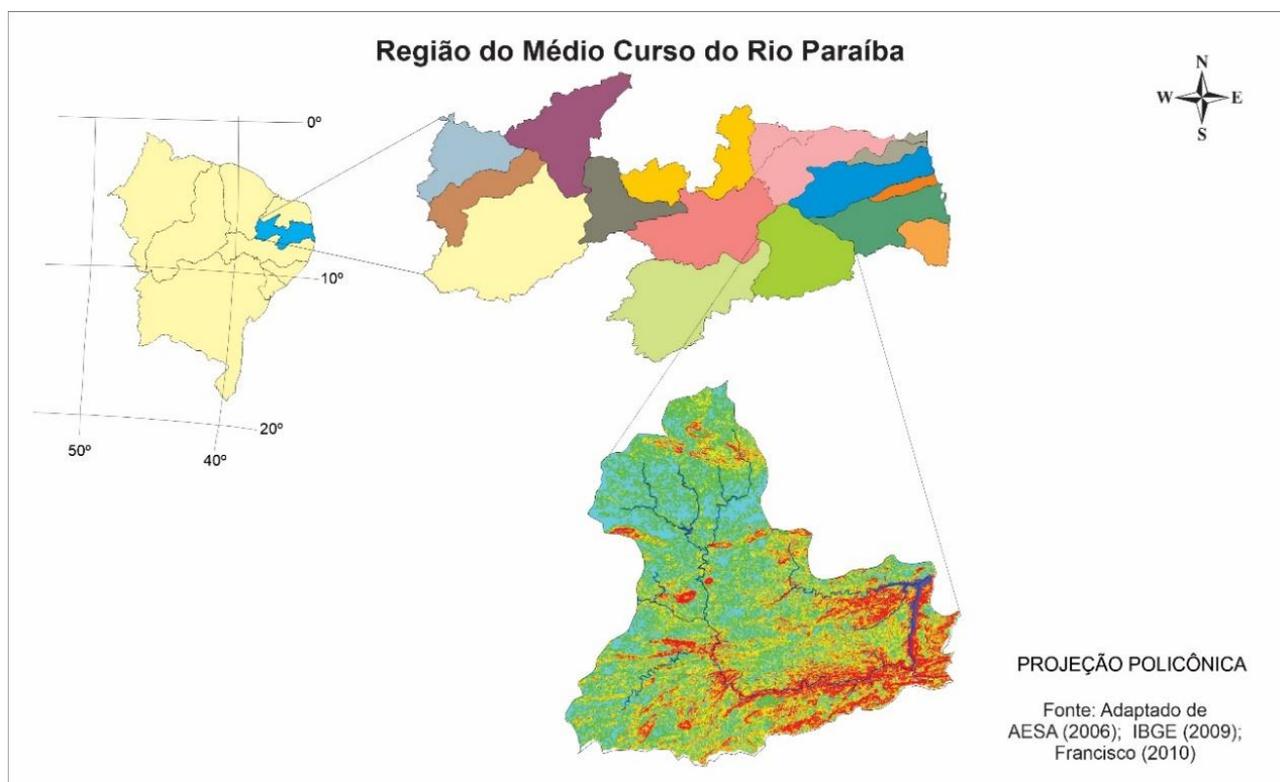


Figura 1. Localização da área de estudo e declividade.

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



Na Tabela 1 se pode observar as áreas dos municípios em estudo com suas respectivas proporcionalidades na bacia hidrográfica.

Tabela 1. Área dos municípios na bacia em estudo e sua proporcionalidade

Município	Área do município (ha)	Área de estudo (ha)	(%)
Aroeiras	37.566,72	37.566,72	100,00
Alcantil	30.625,38	30.625,38	100,00
Barra de Santana	36.997,93	36.997,93	100,00
Barra de São Miguel	59.609,32	16.748,13	28,10
Boa Vista	47.710,47	21.564,87	45,20
Boqueirão	42.564,58	20.756,35	48,76
Campina Grande	59.466,10	43.994,35	73,98
Caturité	11.820,00	11.820,00	100,00
Fagundes	18.940,87	6.990,33	36,91
Gado Bravo	19.279,48	19.279,48	100,00
Itatuba	24.472,13	10.468,34	42,78
Montadas	2.591,58	813,70	31,40
Natuba	19.266,70	17.639,48	91,55
Pocinhos	63.064,44	9.347,40	14,82
Puxinanã	7.383,34	6.676,77	90,43
Queimadas	41.017,45	38.266,30	93,29
Riacho de Santo Antônio	9.150,80	9.150,80	100,00
Santa Cecília	22.725,23	22.725,23	100,00
Umbuzeiro	17.974,81	17.974,81	100,00
Total	572.227,33	379.406,37	66,30

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

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



Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e como Vertissolo Cromado Órtico típico, Planossolo Nátrico Órtico típico, respectivamente (Figura 2).

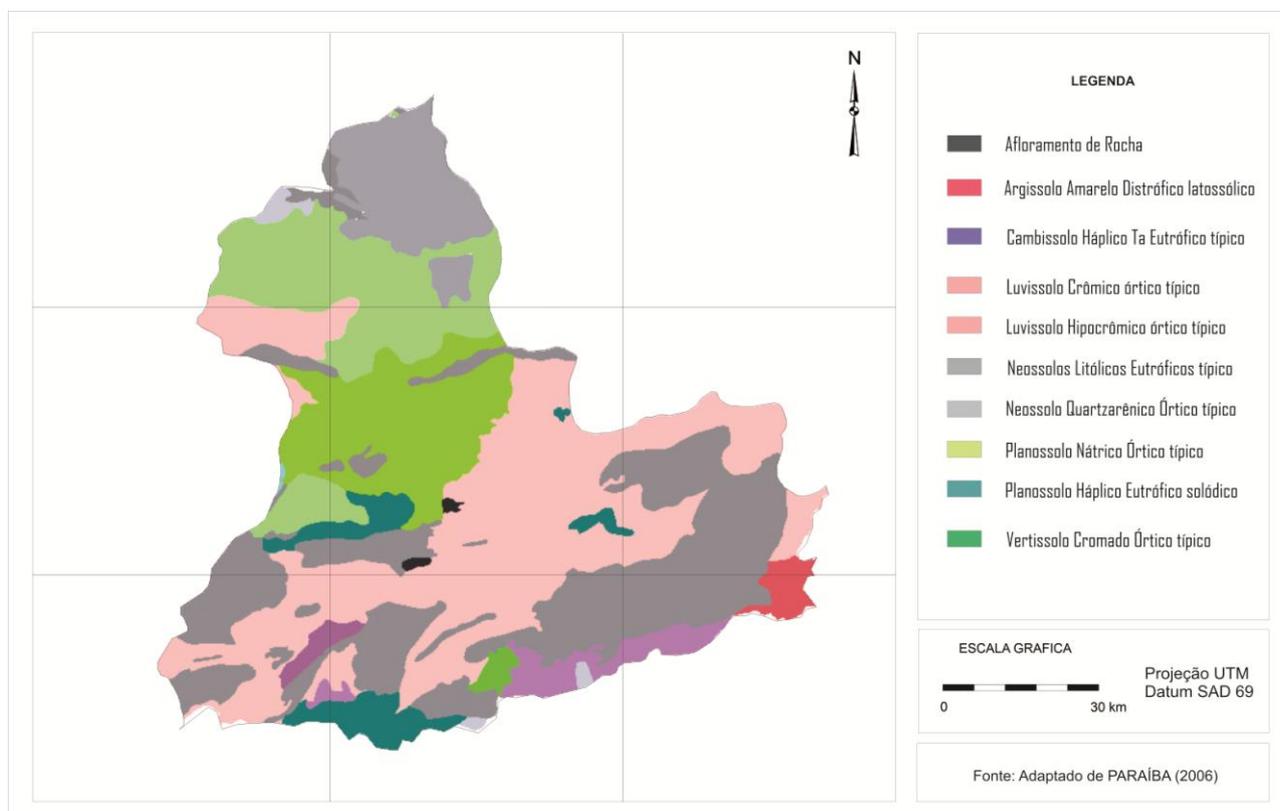


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Francisco et al. (2015) afirmam que, estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características, justificada pelo fato de que, no semiárido o tipo de solo determina a dinâmica da água quanto à drenagem, retenção ou disponibilidade, condicionando, por conseguinte os sistemas de produção agrícola.

A avaliação do potencial de terras para irrigação e seu mapeamento foi realizada visando delimitar áreas de terras consideradas aptas à irrigação e separar áreas de terras consideradas inaptas para manejos irrigados nas condições econômicas e de conhecimentos técnicos vigentes. A classificação adotada, em linhas gerais, tem como base o sistema de classificação de terras para irrigação do *Bureau of Reclamation* (BUREC, 1953) com adaptações desenvolvidas para as condições da região nordeste do Brasil por Cavalcanti et al. (1994).

Nesse contexto, optou-se por uma indicação linear das classes e subclasses, de forma simplificada seguidas dos respectivos fatores limitantes dos solos, na forma convencional, porém



omitindo-se os dados que seriam apontados como denominador conforme a metodologia de *United States Burec* (1953).

Com isso, na seleção desses caracteres, verifica-se que estão implícitas as demais características dependentes dos mesmos, de modo que se possam inferir as propriedades inerentes à respectiva classe (Tabela 2). Por outro lado, a indicação somente da classe foi realizada.

Adotou-se a classificação de terras para irrigação do BUREC que estabelece quatro classes de terras consideradas aráveis e duas consideradas não-aráveis. Nas terras aráveis, a vocação cultural ou capacidade de pagamento decresce progressivamente das classes de 1 para a 4. As terras da classe 4, denominadas de uso especial, são aquelas de uso restrito e que podem ter uma deficiência excessiva ou várias deficiências combinadas. As terras não-aráveis são aquelas definidas pelas classes 5 e 6. A concepção do sistema admite que na classe 5 estejam incluídas terras com valor potencial que possam passar para uma classe arável ou para classe 6 em definitivo, após estudos agronômicos, de engenharia civil ou de economia. A classe 6 inclui as terras que não apresentam as condições mínimas exigidas para seu enquadramento em outra classe e, portanto, são inadequadas para cultivos irrigados convencionais.

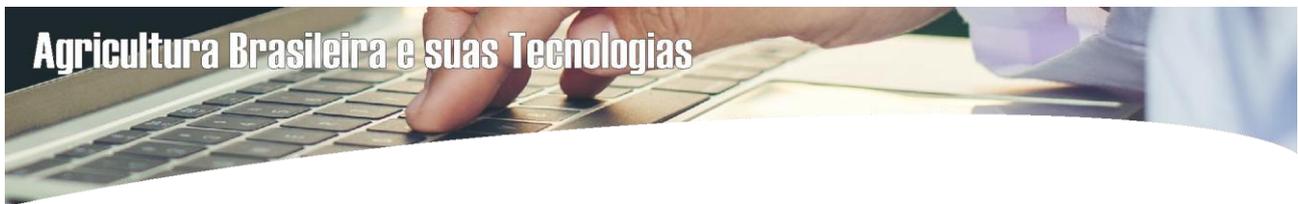
As seis classes de terras e suas características mais importantes são definidas da seguinte forma:

Classe 1. Terras aráveis, altamente adequadas para agricultura irrigada. São capazes de oferecer altas produções para um grande número de culturas climaticamente adaptadas, a um custo razoável, não apresentando nenhuma limitação para a sua utilização.

Classe 2. Terras aráveis, com moderada aptidão para agricultura irrigada. São adaptáveis a um menor número de culturas e têm um maior custo de produção que as terras da classe 1. Podem apresentar limitações corrigíveis ou não, decorrentes de ligeiras a moderadas deficiências com relação à fertilidade, disponibilidade de água, profundidade, permeabilidade, topografia ou drenagem.

Classe 3. Terras aráveis com aptidão restrita para agricultura irrigada. Possuem apenas os requerimentos mínimos para irrigação. As deficiências, corrigíveis ou não, podem ser relativas ao solo, à topografia e à drenagem e, individualmente ou combinadas, são mais intensas que na classe 2. Podem ter limitações quanto à fertilidade muito baixa, textura arenosa, topografia irregular, salinidade moderada, drenagem restrita, entre outras. Tais limitações são suscetíveis de correção a custos relativamente altos, podendo algumas delas ser incorrigíveis. Têm aptidão para um restrito número de culturas adaptáveis, mas com manejo adequado, podem produzir economicamente.

Classe 4. Terras aráveis de uso especial. Podem ter uma excessiva deficiência específica, ou deficiências suscetíveis de correção a alto custo, ou ainda, apresentar deficiências incorrigíveis, que limitam sua utilidade para determinadas culturas muito adaptadas ou métodos específicos de irrigação. As deficiências nessa classe podem ser: drenagem inadequada, topografia ondulada,



pequena profundidade efetiva, excessiva pedregosidade, textura grossa, salinidade e, ou, sodicidade. Possuem capacidade de pagamento com grande amplitude de variação.

Classe 5. Terras não-aráveis, mas em situação provisória. São terras que requerem estudos especiais de agronomia, economia e engenharia para determinar sua irrigabilidade. Podem ter deficiências específicas como posição elevada, salinidade excessiva, topografia irregular ou drenagem inadequada com necessidade de trabalhos de proteção contra inundação. Após estudos especiais, essas terras passam para uma classe arável ou para a classe 6.

Classe 6. Terras não-aráveis. Inclui as terras que não satisfazem os requisitos mínimos das outras classes e, portanto, são inadequadas para irrigação convencional. Geralmente compreendem terras com solos rasos; terras com solos influenciados por sais e de recuperação muito difícil devido à textura muito argilosa, posição ou condições do substrato; terras com textura arenosa, tendo baixa capacidade de retenção de água disponível; terras dissecadas e severamente erodidas; terras representadas por canais de transbordamento e escoamento; terras com muita pedregosidade e, ou, rochiosidade; terras muito elevadas ou com topografia excessivamente declivosa ou complexa; e todas as outras áreas obviamente não-aráveis.

Os critérios utilizados neste trabalho para a definição do potencial de terras para irrigação são apresentados na Tabela 2. Esta tabela é um guia geral, e, em essência, incorpora as principais recomendações de irrigabilidade das terras conforme Batista et al. (2002) e Carter (1993).

Após, foram extraídas as informações pedológicas dos solos e criado uma tabela para classificação do mapa, sendo interpretados e classificados de acordo com as classes e introduzidos manualmente no software SPRING, gerando o respectivo mapa temático e calculado suas respectivas áreas.

Tabela 2. Critérios para o estabelecimento das classes de terras

Características da Terra	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Profundidade (cm): até material semipermeável (rocha semi-decomposta fraturada, fragipã, horizonte plúntico; Até material impermeável: material rochoso firme, duripã, B plânico.	> 150 > 200	> 100 > 150	> 60 > 120	> 40 > 80	> 60 > 120	< 40 < 80
Textura (Grupamento textural)	média	média a argilosa	arenosa a argilosa	arenosa a argilosa	média a argilosa	arenosa a argilosa
Superficial (0-):	média	média a	méd. a	aren. a	média a	aren. a
Subsuperficial:		argilosa	m.argilosa	m.argilosa	argilosa	m.argilosa
Capacidade de Água Disponível (mm)						
Superficial (0-30cm de profundidade)	> 36	> 24	> 18	> 15	> 18	< 15
Acumulada (0- de profundidade)	> 80	> 54	> 40	> 35	> 40	< 35
Acumulada (0- de profundidade)	> 120	> 80	> 60	> 50	> 60	< 50
Soma de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ (cmol_c/kg de solo) (0- de profundidade)(*)	> 5,0	> 3,0	> 1,5	> 1,0	> 1,5	< 1,0
Capacidade de Troca de Cátions (cmol_c/kg de solo) (0- de profundidade)	> 8,0	> 5,0	> 3,0	> 2,0	> 3,0	< 2,0
Alumínio Trocável (cmol_c/kg de solo) (30- de profundidade)	< 0,5	< 1,5	< 2,5	< 3,0	< 2,5	> 3,0
Reação do Solo (pH em água)	> 6,0 < 7,5	> 5,0 < 7,5	> 4,5 < 8,0	> 4,0 < 8,5	> 4,5 < 8,0	< 4,0 > 8,5
Saturação com Sódio Trocável (100Na⁺/CTC)						
0- de profundidade:	< 6,0	< 6,0	< 15,0	< 25,0	< 15,0	< 25,0
60- de profundidade:	< 6,0	< 15,0	< 25,0	< 30,0	< 25,0	< 30,0
Condutividade Elétrica (dS/m)						
0- de profundidade:	< 4,0	< 4,0	< 6,0	< 8,0	< 6,0	> 8,0
60- de profundidade:	< 4,0	< 6,0	< 8,0	< 12,0	< 8,0	> 12,0
Topografia (forma de relevo e declividade do terreno - %)	< 3	< 20	< 40	< 40	< 20	> 40
Condutividade Hidráulica (cm/h)						
0- de profundidade:	> 6,0 < 16,0	> 6,0 < 20,0	> 0,1 < 20,0	> 0,1 < 30,0	> 0,1 < 20,0	< 0,1 > 30,0
60- de profundidade:	> 6,0 < 16,0	> 3,0 < 20,0	> 0,1 < 20,0	> 0,1 < 30,0	> 0,1 < 20,0	< 0,1 > 30,0

Fonte: EMBRAPA (2012).



Resultados e Discussão

Nesta interpretação não se considerou a disponibilidade de água para a irrigação, tornando-se necessário a integração dos resultados deste estudo com os conhecimentos hidrológicos sobre o potencial dos mananciais hídricos do local ou região para a instalação dos projetos. Somente dessa forma é possível obter as condições reais para a prática da agricultura irrigada, com base tanto no conhecimento dos solos, como da disponibilidade efetiva de água (EMBRAPA, 2012).

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 2) localizada na área central da região do médio curso do rio Paraíba.

Tabela 2. Classes de irrigação

Classes de Irrigação		km ²	%
1	Terras aráveis, altamente adequadas para agricultura irrigada	-	-
2	Terras aráveis, com moderada aptidão para agricultura irrigada	-	-
3	Terras aráveis com aptidão restrita para agricultura irrigada	44.264,00	11,67
4	Terras aráveis de uso especial	32.029,00	8,44
5	Terras não-aráveis, mas em situação provisória	-	-
6	Terras não-aráveis	303.113,37	79,89
Total		379.406,37	100,00

As limitações nesta classe ocorrem de forma bastante variada, tornando-a com menor potencial produtivo, maior dificuldade de manejo, maior risco de degradação ambiental e com menos espécies adaptadas em relação às terras das classes 1 e 2.

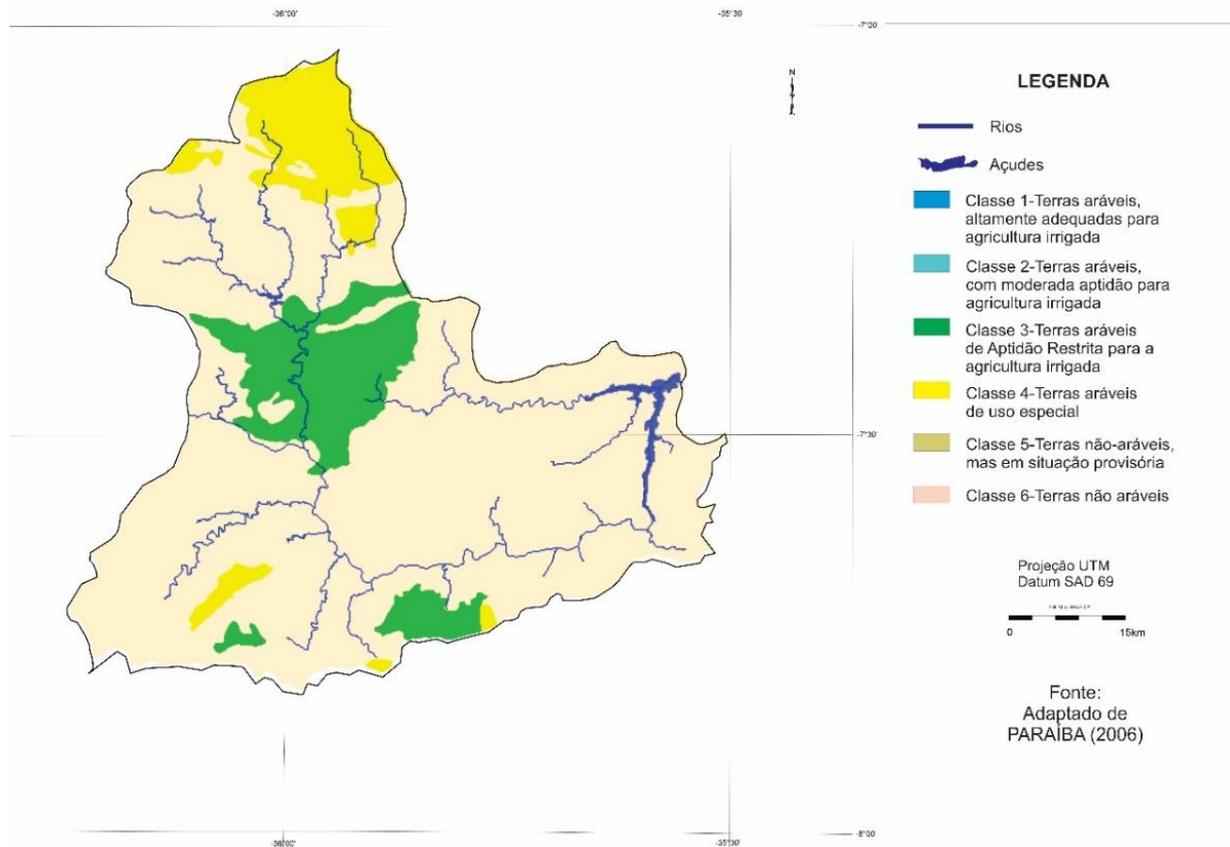
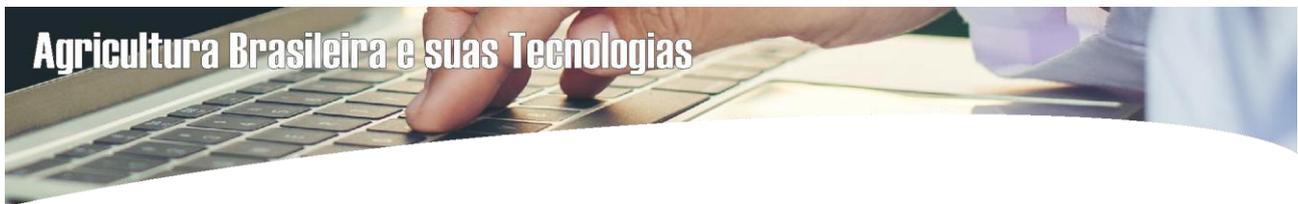


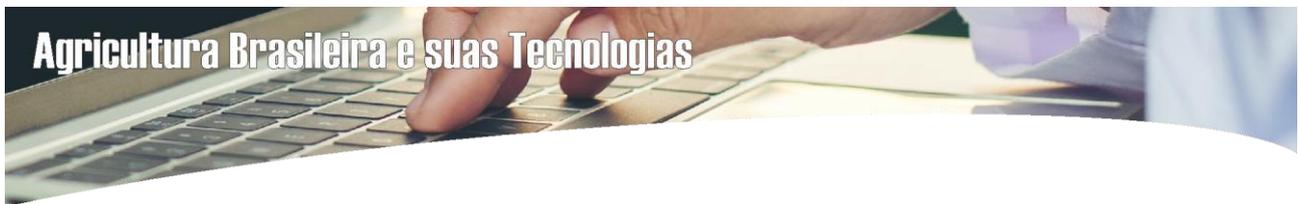
Figura 3. Potencial para irrigação da área de estudo.

Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006); AESA (2012).

Conforme PARAÍBA (2006), estas terras possuem apenas os requerimentos mínimos para irrigação. As deficiências, corrigíveis ou não, podem ser relativas ao solo, à topografia e à drenagem e, individualmente ou combinadas, são mais intensas que na classe 2. Podem ter limitações quanto à fertilidade muito baixa, textura arenosa, topografia irregular, salinidade moderada, drenagem restrita, entre outras. Tais limitações são suscetíveis de correção a custos relativamente altos, podendo algumas delas ser incorrigíveis. Têm aptidão para um restrito número de culturas adaptáveis, mas com manejo adequado, podem produzir economicamente.

As Terras aráveis com aptidão restrita, são compostas em sua maioria por Vertissolo Cromado Órtico típico (VCo), e de acordo com Cavalcante et al. (2005), onde a principal limitação ao uso agrícola destes solos decorre da falta d'água que é muito forte.

Os Vertissolos são pouco permeáveis, o que restringe a sua drenagem. A infiltração, apesar de lenta, é geralmente melhor nos solos com estrutura superficial granular, que pode ser mantida e mesmo melhorada por meio de rotação de culturas, emprego de resíduos das colheitas e uso com pastagem (OLIVEIRA et al., 1992).



Outra pequena área da região do curso médio do rio Paraíba localizada ao sul da bacia, é composto pelo Plintossolo Argilúvico Eutrófico espessarênico (Fte), onde de acordo com EMBRAPA (2006), esta classe compreende solos de drenagem variável, portanto há ocorrência de solos nos quais há excesso d'água temporário, e outros, com excesso prolongado durante o ano, condições que constituem limitação importante ao seu aproveitamento.

Sousa et al. (2013) avaliando o potencial de irrigação para o município de Aliança-PE observaram que somente 1.151 ha, 4,19% da área apresentaram-se aptas para irrigação na classe 3, com restrições somente quanto a fertilidade.

Francisco et al. (2019) avaliando as terras para irrigação de uma assentamento na região contigua a este estudo, mas com maior pluviosidade, observaram que o Argissolo Vermelho Amarelo foi identificado para a classe 3, mas com necessidade de medidas conservacionistas para a irrigação.

Araújo Filho et al. (2008) avaliando o potencial de terras para irrigação na bacia do Tucano-BA, região semiárida, concluíram que as terras consideradas irrigáveis, em sua maior parcela, pertencem à classe 3 e as principais limitações estão relacionadas à fertilidade natural baixa, textura arenosa superficial, deficiência de permeabilidade e relevo pouco movimentado.

Observa-se Terras aráveis de uso especial da classe 4 (Figura 3), onde apresenta área de 32.029,00 ha representando 8,44% do total. Esta área localiza-se no setor norte da região do médio curso.

Conforme PARAÍBA (2006), estas deficiências nessa classe podem ser a drenagem inadequada, topografia ondulada, pequena profundidade efetiva, excessiva pedregosidade, textura grossa, salinidade e, ou, sodicidade. Possuem capacidade de pegamento com grande amplitude de variação. Essa classe está relacionada com a ocorrência do Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), e de acordo com Cavalcante et al. (2005), as principais limitações à sua utilização agrícola, são a muito baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, determinada pela sua textura arenosa, que inclusive dificulta as práticas de adubação que visam a ser feitas. Não se prestam, portanto, para a maioria das culturas regionais, exceto para algumas culturas perenes muito adaptadas como o cajueiro e o coqueiro, mesmo assim, com adubações. A mangabeira constitui planta nativa na área destes solos, que deveria ser melhor aproveitada.

Nesses ambientes mais secos, as principais limitações estão relacionadas à textura arenosa e à profundidade efetiva dos Neossolos Regolíticos (EMBRAPA, 2012).

Francisco et al. (2019) avaliando o potencial de terras para irrigação da bacia do Alto Paraíba indentificaram para esta mesma classe os solos Regossolo Eutrófico. Podzólico Vermelho Amarelo e Eutrófico Vertissolo com características relativas ao caráter raso, vértico, nátrico ou argílico.

As Terras não aráveis da classe 6 (Figura 3), apresentam área de 303.113,37 ha representando 79,89% do total.



Conforme PARAÍBA (2006), estas incluem as terras que não satisfazem os requisitos mínimos das outras classes e, portanto, são inadequadas para irrigação convencional. Geralmente compreendem terras com solos rasos; terras com solos influenciados por sais e de recuperação muito difícil devido à textura muito argilosa, posição ou condições do substrato; terras com textura arenosa, tendo baixa capacidade de retenção de água disponível; terras dissecadas e severamente erodidas; terras representadas por canais de transbordamento e escoamento; terras com muita pedregosidade e, ou, rochiosidade; terras muito elevadas ou com topografia excessivamente declivosa ou complexa; e todas as outras áreas obviamente não-aráveis.

Nas Terras não aráveis da classe 6 distribuída em toda a região da bacia do médio curso do rio Paraíba ocorre uma diversidade de solos reclassificados por Campos e Queiroz (2006) como Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), Planossolo Nátrico Órtico típico (SNo), Luvissole Hipocrômico Órtico típico (TPo), Planossolo Háplico Eutrófico solódico (SXe), Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (CXve), Neossolos Litólicos Eutróficos típico (RLe) e Argissolo Amarelo Distrófico latossólico (PAD) distribuído respectivamente nesta ordem decrescente.

Francisco et al. (2019a) identificaram para a classe 6 os Luvissoles Crômicos órtico típico, nas terras da bacia a montante a este estudo e Francisco et al. (2019b) para a região contígua a este estudo em um assentamento rural.

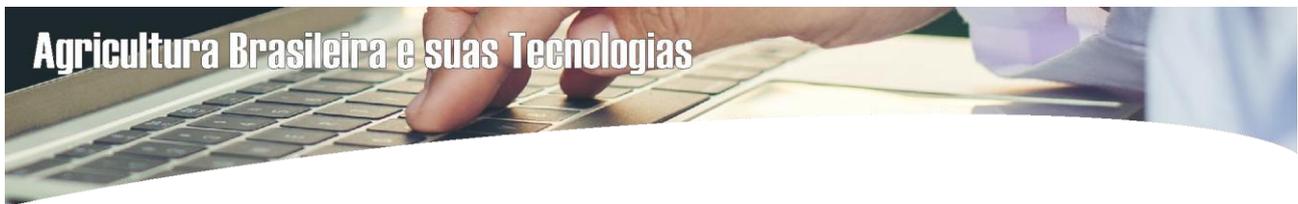
Araújo Filho et al. (2008) afirmam que, para esta classe na baía do Tucano na Bahia, as limitações para manejos irrigados relacionam-se à pequena profundidade efetiva, drenagem deficiente, textura arenosa e relevo movimentado.

Cavalcanti et al. (2012) afirmam que, na região semiárida as terras classificadas como sendo inaptas para a irrigação estão relacionadas com extensas áreas de solos rasos, principalmente das classes dos Neossolos Litólicos e Planossolos típicos.

Para os Luvissoles Cunha et al. (2008) recomendam que a irrigação, quando necessária, deve ser utilizada nas áreas dos solos menos rasos e de relevo plano a suave ondulado. Na região do Vale do São Francisco, estes solos têm sido utilizados com as culturas de cebola, manga, pastagens, entre outras.

Sousa et al. (2013), avaliando do potencial das terras do município de Aliança-PE para uso com irrigação, localizado na microrregião da Mata pernambucana observaram que a maioria das terras, 25.360 ha, apresentou fortes restrições ao uso com agricultura irrigada, tendo como principais limitações a pouca profundidade a fertilidade natural, a declividade, a sodicidade e ou salinidade, a eventual pedregosidade, a drenagem, o lençol freático elevado e riscos de inundação.

EMBRAPA (2012) afirma que, na região semiárida em ambientes de vegetação de caatinga hipoxerófila e caatinga hiperxerófila, as terras classificadas como sendo inaptas para a irrigação estão



relacionadas com extensas áreas de solos rasos, principalmente das classes dos Neossolos Litólicos e Planossolos típicos situados em qualquer condição de relevo.

Conforme EMBRAPA (1994), avaliando o potencial das Terras para irrigação no Nordeste, para todas as classes encontradas neste trabalho, argumenta que para utilização dessas terras para a irrigação implicam numa rigorosa seleção de áreas, e na adoção de práticas conservacionistas.

No ambiente semiárido, mesmo fazendo uso de água de boa qualidade, os riscos de salinização pelo uso da irrigação aumentam pela restrição de drenagem causada pela menor profundidade e características físicas dos solos, pela condição aplanada dos locais de ocorrência de grande parte dos solos dessa classe que dificultam a drenagem do excesso de sais, e, pela elevada evapotranspiração promovida pelas temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar (EMBRAPA, 2012).

Os resultados deste trabalho da interpretação do potencial de terras para irrigação são de caráter relativamente generalizado. A interpretação foi realizada com o objetivo de se espacializar os locais com potencial para o desenvolvimento de irrigação de grandes áreas contínuas e em agricultura em escala comercial, estando de acordo com as recomendações da EMBRAPA (2012).

Deve ser levado em conta neste trabalho, que a precisão das informações apresentadas está diretamente relacionada ao nível de generalização imposto pela escala do levantamento de solo (1:200.000), base deste trabalho. A área de estudo, apesar de predominar terras não aráveis, possui áreas não mapeadas devido a escala, que são propícias à exploração da agricultura irrigada, desde que se utilize manejo adequado de irrigação, resultado similar encontrado por Francisco et al. (2019).

Alguns ajustes na metodologia foram necessários para adequá-la às limitações impostas pelo nível de detalhamento das informações básicas disponíveis no levantamento de reconhecimento de solos utilizado neste trabalho, o mesmo utilizado por EMBRAPA (2012) e por Francisco et al. (2019). Devendo assim, ser estabelecido um planejamento estratégico sobre a viabilidade e o uso racional dos recursos naturais disponíveis.

Conclusão

De conformidade com os estudos realizados observou-se que 11,67% da área total da região do médio rio Paraíba de Terras aráveis com aptidão restrita da classe 3, onde ocorrem solos Vertissolo Cromado Órtico típico e de menor área composta pelo Plintossolo Argilúvico Eutrófico espessarênico, com requerimentos mínimos para irrigação.

Da classe 4 de Terras aráveis de uso especial observou-se que apresenta 8,44% onde ocorrem o Neossolo Quartzarênico Órtico típico que podem ter uma excessiva deficiência que limitam sua utilidade para determinadas culturas ou métodos específicos de irrigação.

Das Terras não aráveis da classe 6 apresentaram área de 79,89% onde ocorrem com maior



representação pelo Luvissole Crômico Órtico típico e Luvissole Hipocrômico Órtico típico, seguido pelo Neossolos Litólicos Eutróficos típico, Planossolo Nátrico Órtico típico, Planossolo Háplico Eutrófico solódico, Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico, e Argissolo Amarelo Distrófico latossólico em que apresentam inadequadas para irrigação convencional.

Referências

ARAÚJO FILHO, J. C. DE; SILVA, D. F. DA; SILVA, E. A. DA; CUNHA, T. J. F. Potencial de terras para irrigação na bacia do Tucano-BA. In: Congresso de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2008, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2008.

FRANCISCO, P. R. M.; SILVINO, G. DA S.; LIMA, V. L. A. DE; MORAES NETO, J. M. DE; BARRETO, H. T. S. Potencial de irrigação dos solos da área de transposição do Rio São Francisco no Estado da Paraíba. In: Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação. v.2. 2019. (Org). Francisco, P. R. M.; Silva, V. M. DE A.; Queiroz, N. M. DE. Campina Grande: EPGRAF, 2018. 164f.

FRANCISCO, P. R. M.; SILVINO, G. DA S.; LIMA, V. L. A. DE; BARRETO, H. T. S. Potencial de irrigação agrícola-ecológico do assentamento Celso Furtado - Estado da Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.

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

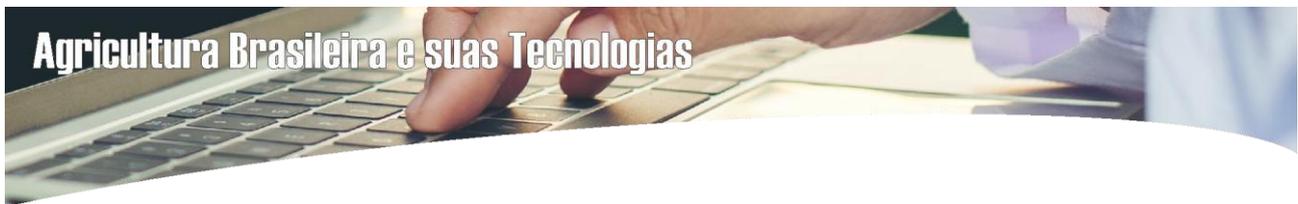
AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2012. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de abril 2021.

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.

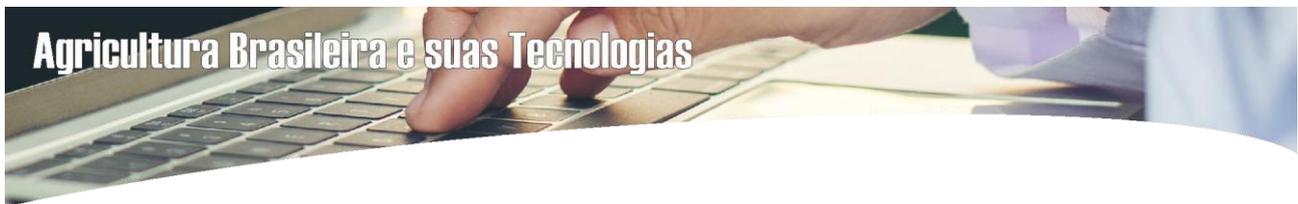
ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: 2017. 86p.

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, DF: 2017. 328p.

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



- BATISTA, M. J.; NOVAIS, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. 2.ed. ver. Ampl. Brasília: CODEVASF. 2002. 216p. (Série Informes Técnicos).
- BUREC. Department of the Interior of United States. Bureau of Reclamation Manual. Irrigated Land use: Land Classification. v.5. pt.2. Denver, 1953. 54p.
- 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.
- CARTER, V. H. Classificação de terras para irrigação. Manual de Irrigação, v.2. Brasília, Secretaria de Irrigação, 1993. 208p.
- CAVALCANTE, F. DE S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no Estado da Paraíba. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v.4, n.8, 2005.
- 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.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. Revista de Política Agrícola, v.22, n.1, p.115-127, 2013.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. CAVALCANTI, A. C. Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60p. (Embrapa Semi- Árido. Documentos, 211).
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido CPTSA. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP Recife. Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste. (Org.) CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAUJO FILHO, J. C.; SILVA, F. B. R. Brasília, 1994. 41p.
- EMBRAPA. Plintossolos. Definição e características gerais. Zaroni, M. J.; Santos, H. G. dos. Brasília: Agencia Embrapa de Informação e Tecnologia; Brasília, 2006. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_15_2212200611542.html. Acesso em: 21 de abril de 2020.
- EMBRAPA. Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas – ZAAL. Potencial Agroecológico das Terras. Relatório Técnico. (Org.) CAVALCANTI, A. C.; SANTOS, J. C. DOS; ARAÚJO FILHO, J. C. de. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos, n. 10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife/PE: Embrapa Solos. 2012.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.



- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; BRANDÃO, Z. N.; ZONTA, J. H.; SANTOS, D.; SILVA, J. V. DO N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba utilizando o SPRING. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.2, p.387-390, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; SILVINO, G. DA S.; LIMA, V. L. A. DE; MORAES NETO, J. M. DE; BARRETO, H. T. S. Potencial de irrigação dos solos da área de transposição do rio São Francisco no estado da Paraíba. (Org.) FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. M. DE A.; QUEIROZ, N. M. *Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação*. v.2. 2019. 164p.
- OLIVIERA, J. B.; JACOMINE, P. K; CAMARGO, M. N. *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. *Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1*. UFPB-Eletro Consult Ltda. 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: *Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas*. Brasília, DF, 2006. 112p.
- 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.

CONSERVAÇÃO DE CÉLULAS DE PSEUDOMONAS FLUORESCENS COM BIOPOLÍMEROS E SUA EFICIÊNCIA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE MACROPHOMINA SP.

Manuela Costa Sousa

Mestre em Biotecnologia, UFT, Gurupi-TO, manuella8_gpi@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4697-6178>

Lillian França Borges Chagas

Dr^a. Prof^a. Adjunta, UFT, Gurupi-TO, lillianfbc@uft.edu.br

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

Gessiel Newton Scheidt

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

 <https://orcid.org/0000-0002-4729-3416>

Augustus Caesar Franke Portella

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

 <https://orcid.org/0000-0001-5178-9257>

Aloisio Freitas Chagas Junior

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

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

Introdução

No Brasil, as principais culturas agrícolas são frequentemente acometidas por várias pragas e doenças que causam sérios danos econômicos e perdas nas lavouras, podendo ser de origem bacteriana, fúngica, virótica ou provocada por nematoides, sendo que as doenças causadas por fungos atacam do início ao final da cultura e preocupam bastante os produtores, citando, por exemplo, o



Macrophomina phaseolina, responsável por causar doenças em mais de 500 culturas diferentes, também chamado de podridão de tronco e raízes (MARRONI & GERMANI, 2011).

A doença provocada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* causa diminuição no estande das plantas no campo, menor qualidade das sementes, além de induzir a maturação precoce e morte das plantas, ocasionando o aparecimento de sintomas como murchas e necrose devido ao bloqueio de feixes vasculares através de suas estruturas, secreção de enzimas e toxinas patogênicas (BELLÉ & FONTANA, 2018). Um método muito utilizado de controle de patógenos é o químico, porém o uso intensivo vem gerando resistência microbiana, além da contaminação ambiental, o que tem levado a introdução do controle biológico utilizando microrganismos antagonistas (SANTOS & SILVIA, 2014).

O *Macrophomina phaseolina* é um fungo encontrado no solo, de difícil controle, pois formam estruturas de resistência denominadas microescleródios, e um dos microrganismos que conseguem controlar este patógeno é a bactéria *Pseudomonas fluorescens* devido sua capacidade de produção de diversos compostos antibióticos (SANTOS et al., 2010). A antibiose é a relação em que um ou mais metabólitos produzidos por um microrganismo causa um efeito danoso sobre outro, inibindo a germinação e o crescimento ou inativando a célula por toxicidade química (MARIANO et al., 2005).

Além disso, a utilização de produtos formulados com microrganismos requer aditivos que exerçam o papel de proteção das células contra estresses abióticos, como a utilização de polímeros devido à sua capacidade de limitar a transferência de calor e suas boas propriedades reológicas, aumentando a vida útil do inoculante (BIRADAR & SANTHOSH, 2018).

Diante disto, objetiva-se avaliar a eficiência da utilização dos polímeros carboximetilcelulose e goma xantana na viabilidade das células e atividade antagonista de *Pseudomonas fluorescens* em períodos diferentes durante 210 dias de armazenamento contra o patógeno *Macrophomina* sp.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi, no período de março a dezembro de 2020.

Os microrganismos *Pseudomonas fluorescens* e *Macrophomina* sp., foram obtidos do banco de cepas do laboratório, e repicados em meio de cultura CCY (0,0222 g L⁻¹ de L-glutamina, 1,0 g L⁻¹ de caseína hidrolisada, 1,0 g L⁻¹ de peptona, 0,4 g L⁻¹ de extrato de levedura, 0,6 g L⁻¹ de glicerina bi-destilada, 0,068 g L⁻¹ de ZnCl₂, 0,11 g L⁻¹ de MgCl₂, 0,0196 g L⁻¹ de MnCl₂, 0,0294 g L⁻¹ de CaCl₂, 0,0134 g L⁻¹ de FeCl₃, 0,0884 g L⁻¹ de KH₂PO₄, 0,25 g L⁻¹ de K₂HPO₄, 20 g L⁻¹ ágar) para a bactéria e BDA (200 g L⁻¹ de batata, 20 g L⁻¹ de dextrose, 20 g L⁻¹ ágar) para o fungo.

O experimento foi realizado utilizando inoculante produzido com *Pseudomonas fluorescens* no meio de cultura MS3 (5,0 g L⁻¹ de peptona, 5,0 g L⁻¹ de extrato de levedura, 3,0 g L⁻¹ de cloreto de sódio, 3,0 g L⁻¹ de sulfato de magnésio, 0,5 g L⁻¹ de sulfato de potássio, 16 mL L⁻¹ de melaço de soja), que foi



fermentado em incubadora Shaker (Novatecnica®) a 28°C, e 120 rpm por 96 horas. Logo após a fermentação foi realizado a adição dos biopolímeros carboximetilcelulose (CMC) e goma xantana (GX) ao inoculante adicionando 15 mL da solução conservante esterilizada a 121°C por 30 minutos (0,1 g do biopolímero em 100 mL de água destilada) em 150 mL de inóculo fermentado, e armazenado em tubos do tipo Falcon a 5°C, sendo então os tratamentos divididos em: T1 (testemunha sem conservante), T2 (com adição de carboximetilcelulose) e T3 (com adição de goma xantana).

Os testes foram realizados a fim de avaliar a manutenção da viabilidade e atividade antagonista das células de *Pseudomonas fluorescens* com a utilização dos biopolímeros, e por isso foi utilizado o inoculante produzido em 5 tempos diferentes de armazenagem, sendo eles: 7, 30, 90, 150, e 210 dias.

Foram utilizados três métodos para avaliar a eficiência do uso de biopolímeros na atividade antagonista da bactéria.

No método 1 (cultura fúngica sobre cultura antagonista) foi colocado 100 µL do inoculante e espalhado com o auxílio de uma alça de Drigalski previamente esterilizada sobre o meio de cultura B.D.A. em placa de Petri, e em seguida foi adicionado no centro da placa um disco da cultura fúngica de *Macrophomina* sp. com 10 dias de crescimento.

No método 2 (cultura pareada) foi adicionado no meio de cultura B.D.A. 10 µL do inoculante em uma extremidade da placa a 5 mm da borda, e na outra extremidade foi adicionado um disco da cultura fúngica de *Macrophomina* sp. com 10 dias de crescimento.

No método 3 (pareamento com risco central) foi feito um risco dividindo a placa ao meio utilizando 40 µL do inoculante, colocado com o auxílio de uma micropipeta automática, e em seguida foi adicionado um disco da cultura fúngica de *Macrophomina* sp. com 10 dias de crescimento em cada bipartição da placa a 5 mm da borda.

Para o tratamento controle foi utilizado apenas um disco do patógeno com 10 dias de crescimento colocado sobre o centro do meio de cultura em placa. Todos os métodos foram realizados em triplicatas, e após os procedimentos foram incubados em câmara de crescimento (B.O.D.) sob fotoperíodo de 12 horas e 28°C.

As avaliações foram realizadas com 24, 48, e 72 horas após a realização dos testes, realizando medições do diâmetro do patógenos em sentidos opostos com o auxílio de um paquímetro milimetrado, definindo-se uma média para cada colônia.

A porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) foi calculada pela fórmula de Meten et al. (1976), onde: $PIC = [(Crescimento\ do\ controle - Crescimento\ tratamento) / Crescimento\ do\ controle] \times 100$.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste de médias, Tukey a 5% de significância, por meio do software estatístico SISVAR, versão 5.6.



Resultados e Discussão

Os resultados obtidos com a utilização de biopolímeros na conservação das células de *Pseudomonas fluorescens* se mostram significativos em relação a utilização do inoculante sem adição de biopolímero quando analisado a eficiência no biocontrole de *Macrophomina* sp. (Tabela 1).

Tabela 1. Eficiência da utilização de biopolímeros na inibição do crescimento micelial de *Macrophomina* sp. por *Pseudomonas fluorescens*

Porcentagem de inibição (PCI %)			
Tratamento	Método 1	Método 2	Método 3
Tempo: 7 dias			
Testemunha	100 a	41,12 c	70,33 c
CMC	100 a	52,30 a	77,47 b
GX	100 a	47,66 b	78,35 a
Tempo: 30 dias			
Testemunha	100 a	33,82 c	61,32 c
CMC	100 a	47,81 a	67,93 b
GX	100 a	42,37 b	72,65 a
Tempo: 90 dias			
Testemunha	100 a	20,80 c	66,93 c
CMC	100 a	41,66 b	71,72 a
GX	100 a	42,09 a	68,96 b
Tempo: 150 dias			
Testemunha	100 a	32,77 c	56,54 c
CMC	100 a	37,11 b	62,98 a
GX	100 a	42,41 a	61,98 b
Tempo: 210 dias			
Testemunha	80,40 b	24,01 c	50,26 c
CMC	100 a	28,44 a	54,40 a
GX	100 a	28,31 b	52,01 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula, em colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

É possível observar que, nos testes realizados a partir do método 1 para avaliar o potencial de biocontrole da bactéria sobre o fungo, todos os tratamentos são significativamente iguais até 150 dias, porém com 210 dias pode ser notado que há diferença dos tratamentos com adição de biopolímero em relação à testemunha, comprovando a eficiência da utilização dos mesmos para preservar as células e garantir o potencial inibidor de patógenos, visto que, a testemunha apresenta uma porcentagem de inibição do patógeno de apenas 80,4%, enquanto os tratamentos com carboximetilcelulose e goma xantana continuaram a garantir 100% de inibição mesmo após 210 dias (Figura 1).

Para o teste realizado utilizando os métodos 2 e 3, também é possível observar a atividade antagonista de *Pseudomonas fluorescens*, onde os tratamentos com biopolímero também são superiores a testemunha (Figuras 2 e 3).

Observando a Tabela 1 e as Figuras 1, 2 e 3 é possível perceber que com 210 dias a eficiência da *Pseudomonas fluorescens* diminuiu, porém os resultados são significativos em relação à utilização dos biopolímeros, que segundo Biradar e Santhosh (2018), a utilização de aditivos poliméricos como protetores celulares, adjuvantes, surfactantes e conservantes tem efeito significativo na viabilidade de *Pseudomonas fluorescens*, assim como a utilização de goma xantana e carboximetilcelulose nesse estudo utilizados como adjuvantes.

Segundo Bashan et al. (2014), diversas cepas potencialmente benéficas encontradas na literatura não são encontradas no mercado devido à falta de uma formulação adequada, e com os resultados obtidos neste estudo, comprova-se o quanto esta afirmação está correta e é necessário investir em pesquisas sobre biopolímeros como forma de manter os microrganismos viáveis em diversas formulações.

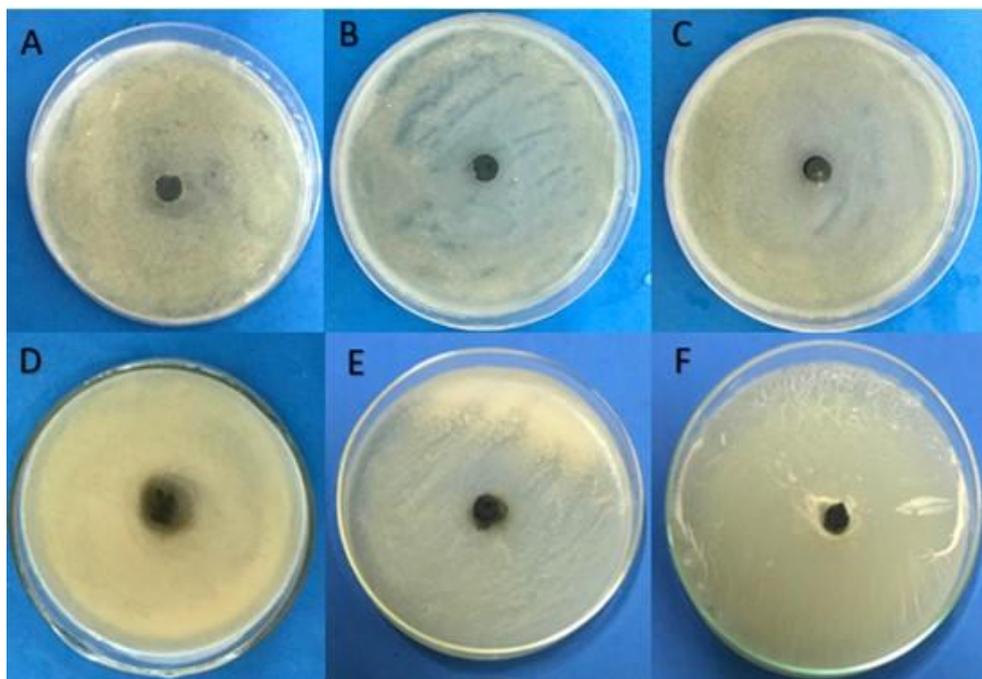


Figura 1. Biocontrole de *Macrophomina* sp. por *Pseudomonas fluorescens* pelo método 1 com e sem adição de biopolímero em 7 e 210 dias. Legenda: A (testemunha a 7 dias), B (carboximetilcelulose a 7 dias), C (goma xantana a 7 dias), D (testemunha a 210 dias), E (carboximetilcelulose a 210 dias) e F (goma xantana a 210 dias).

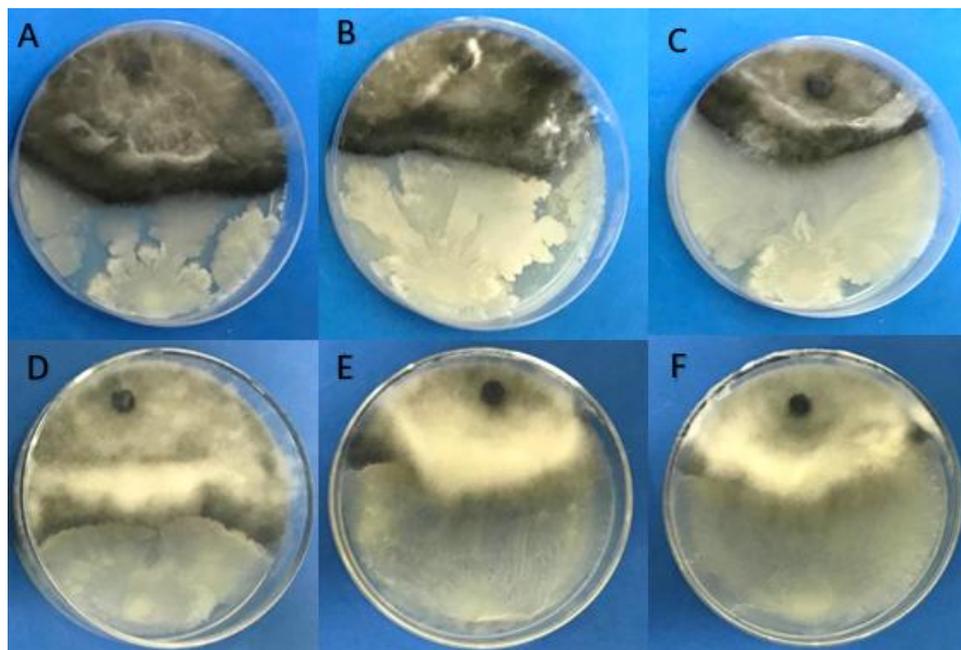


Figura 2. Biocontrole de *Macrophomina* sp. por *Pseudomonas fluorescens* pelo método 2 com e sem adição de biopolímero em 7 e 210 dias. Legenda: A (testemunha a 7 dias), B (carboximetilcelulose a 7 dias), C (goma xantana a 7 dias), D (testemunha a 210 dias), E (carboximetilcelulose a 210 dias) e F (goma xantana a 210 dias).

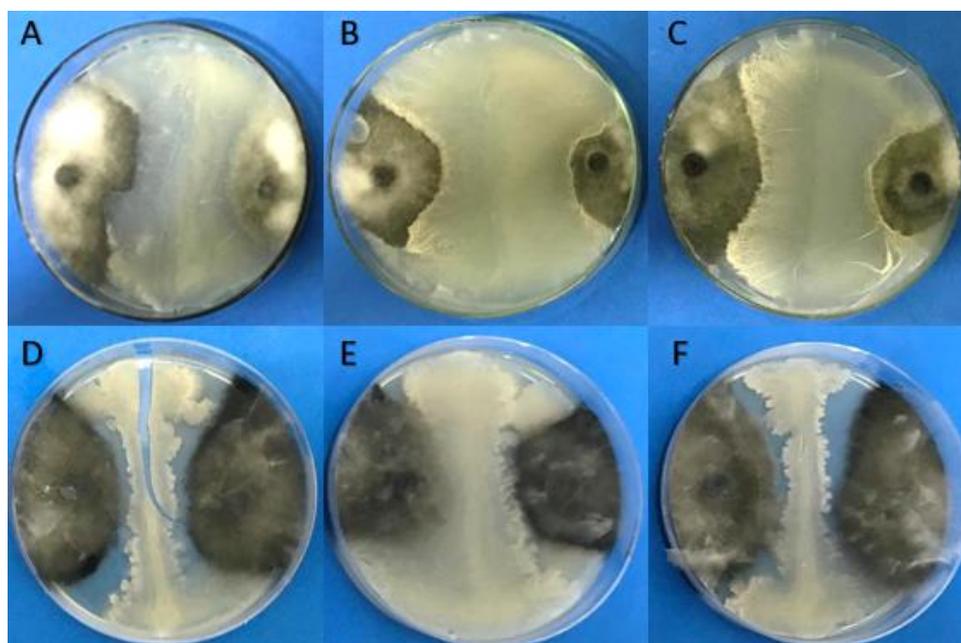
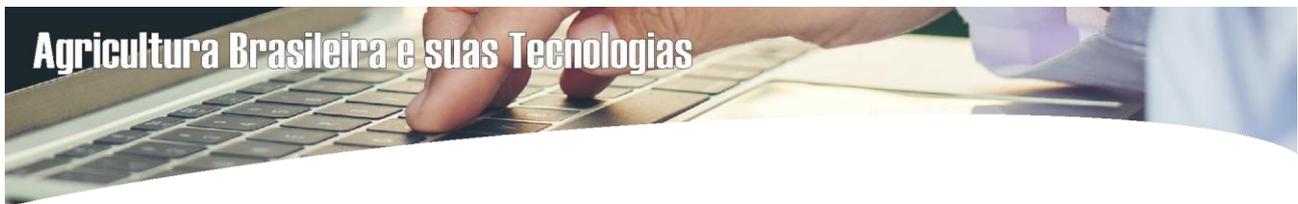


Figura 3. Biocontrole de *Macrophomina* sp. por *Pseudomonas fluorescens* pelo método 3 com e sem adição de biopolímero em 7 e 210 dias. Legenda: A (testemunha a 7 dias), B (carboximetilcelulose a 7 dias), C (goma xantana a 7 dias), D (testemunha a 210 dias), E (carboximetilcelulose a 210 dias) e F (goma xantana a 210 dias).



Alguns estudos identificaram a produção de compostos orgânicos voláteis (COVs) em microrganismos, e é relatado por Raza et al. (2016) a produção de COVs por *Pseudomonas fluorescens* com potencial biocontrole de restrição do crescimento e virulência de *Ralstonia solanacearum*, uma bactéria patogênica do tomateiro, sendo uma alternativa mais segura e barata no controle de doenças em relação a utilização de agroquímicos. Há também relatos da produção de COVs antimicrobianos produzidos por *Pseudomonas fluorescens* que inibiram o crescimento do fitopatógeno *Botrytis cinerea* (HERNÁNDEZ-LEÓN et al., 2015).

O potencial antagonista de *Pseudomonas fluorescens* é identificado também contra *Penicillium expansum* por Wallace et al. (2017), o qual afirmam que os modos de ação do antagonista incluem competição por nutrientes e espaço, o que pode ser observado nos três métodos testados neste trabalho, além de também agir através da produção de metabólitos inibitórios e formação de biofilme. Silva et al. (1998) constataram que *Pseudomonas fluorescens* produz antibiose através de metabólitos difundíveis em ágar que controlou a esporulação e crescimento micelial de *Alternaria ricini*.

A utilização de compostos com a capacidade adesiva e de formação de emulsão, em formulações de microrganismos utilizados no controle biológico, é comprovado como um método eficaz de proteção das células contra a dessecação e consequente morte (GREEN et al., 1998).

Alguns biopolímeros são utilizados para a formação de microcápsulas, através de diferentes processos, mas que tem a função de formar uma matriz polimérica, que apresenta vantagens na inoculação direta no solo ou em sementes, reduzindo a predação e competição com microrganismos nativos, além da liberação gradativa das células no solo (SHOEBITZ et al., 2013).

Em uma comparação feita por Chakravarty e Kalita (2011) sobre a utilização de formulações orgânicas na produção de *Pseudomonas fluorescens*, os melhores resultados como agente de biocontrole contra *Ralstonia solanacearum* são quando é utilizado carboximetilcelulose como adesivo, garantindo maior vida útil quando armazenado a 4°C.

Conclusão

O emprego de carboximetilcelulose e goma xantana na preservação de células de *Pseudomonas fluorescens*, assim como manutenção de sua atividade antagonista contra *Macrophomina* sp. foi confirmada, tornando esta uma alternativa para garantir a viabilidade de inoculante por um período de 210 dias, tempo no qual a bactéria ainda apresentou porcentagem de inibição do crescimento micelial superior ao tratamento sem adição de biopolímero.



Referências

- BASHAN, Y.; BASHAN, L. E.; PRABHU, S. R.; HERNANDEZ, J. P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, v.378, n.1-2, p.1-33, 2014.
- BELLÉ, R. B.; FONTANA, D. C. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. *Enciclopédia Biosfera*, v.15, n.28 p.779, 2018.
- BIRADAR, B. J. P.; SANTHOSH, G. P. Role of polymeric additives in formulation, shelf-life and bioefficacy of liquid inoculant of *Pseudomonas fluorescens*. *International Journal Puree Applied Bioscience*, v.6, n.4, p.123-133, 2018.
- CHAKRAVARTY, G.; KALITA, M. C. Comparative evaluation of organic formulations of *Pseudomonas fluorescens* based biopesticides and their application in the management of bacterial wilt of brinjal (*Solanum melongena* L.). *African Journal of Biotechnology*, v.10, n.37, p.7174-7182, 2011.
- GREEN, S.; STEWART-WADE, S. M.; BOLAND, G. J.; TESHLE, M. P.; LIU, S. H. Formulating microorganisms for biological control of weeds. *Plant-microbe Interactions and Biological Control*, p.249-281, 1998.
- HERNÁNDEZ-LEÓN, R.; ROJAS-SOLÍS, D.; CONTRERAS-PÉREZ, M.; OROZCO-MOSQUEDA, M. C.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. I.; CRUZ, H. R.; VELENCIA-CANTERO, E.; SANTOYO, G. Characterization of the antifungal and plant growth-promoting effects of diffusible and volatile organic compounds produced by *Pseudomonas fluorescens* strains. *Biological Control*, v.81, p.83-92, 2015.
- MARIANO, R. L.; SILVEIRA, E. B.; GOMES, A. M. Controle biológico de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E.G.T.; MENEZES, M. *Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais*, 2005. 399p.
- MARRONI, I. V.; GERMANI, J. C. Eficiência de rizobactérias *Bacillus* spp. no controle *in vitro* de *Macrophomina phaseolina* agente etiológico da podridão de tronco da mamona (*Ricinus communis* L.). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.6, n.3, p.159-167, 2011.
- MENTEN, J. O. M.; MACHADO, C. C.; MINUSSI, E.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeito de alguns fungicidas no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. "in vitro". *Fitopatologia Brasileira*, v.1, n.2, p.57-66, 1976.
- RAZA, W.; LING, N.; LIU, D.; WEI, Z.; HUANG, Q.; SHEN, Q. Volatile organic compounds produced by *Pseudomonas fluorescens* WR-1 restrict the growth and virulence traits of *Ralstonia solanacearum*. *Microbiological Research*, v.192, p.103-113, 2016.
- SANTOS, M. S. B.; SILVA, A. A. C. R. Sanidade de sementes de arroz, biocontrole, caracterização e transmissão de *Curvularia lunata* em semente-plântula de arroz. *Revista Ceres*, v.61, n.4, p.511-517, 2014.

- SANTOS, P.; BENATO, L.; SOUZA, N. V.; VIEIRA, N.; ALMEIDA, A. Utilização de *Pseudomonas fluorescens* no controle biológico de *Macrophomina phaseolina*. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E). 2010.
- SCHOEBITZ, M.; LÓPEZ, M. D.; ROLDÁN, A. Bioencapsulation of microbial inoculants for better soil-plant fertilization. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v.33, n.4, p.751-765, 2013.
- SILVA, F. A. G.; PEIXOTO, C. N.; ASSIS, S. M. P.; MARIANO, R. L. R.; PADOVAN, I. P. Potencial de *Pseudomonas spp. fluorescentes* para biocontrole de *Alternaria ricini* em mamoneira. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.41, n.1, p.91-102, 1998.
- WALLACE, R. L.; HIRKALA, D. L.; NELSON, L. M. Postharvest biological control of blue mold of apple by *Pseudomonas fluorescens* during commercial storage and potential modes of action. *Postharvest Biology and Technology*, v.133, p.1-11, 2017.

CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

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

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

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



George do Nascimento Ribeiro: Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

george@ufcg.edu.br

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

fgypsond@gmail.com



978-65-00-48259-1