

Geociências

Potencial da produção agrícola da mandioca (*ManiOTH esculenta Crantz*) em bacia hidrográfica utilizando SIG

Potential of irrigated agricultural production of cassava
(*ManiOTH esculenta Crantz*) in a basin using GIS

Paulo Roberto Megna Francisco¹, Viviane Farias Silva¹, Djail Santos¹¹,
George do Nascimento Ribeiro¹, Gypson Dutra Junqueira Ayres¹,
Luciano Marcelo Fallé Saboya¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, SP, Brasil

¹¹ Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB, Brasil

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar e mapear o potencial da produção agrícola para a mandioca para a bacia hidrográfica da região do médio curso rio Paraíba. Foi utilizado o SPRING para elaborar o mapa de potencial de irrigação e a capacidade de retenção de água dos solos, gerando o mapa parcial através do cruzamento matricial. Utilizando-se dados de pluviosidade média anual foi elaborado o mapa da condição climática, que associado ao programa computacional LEGAL, foi gerado o mapa de potencial de produção agrícola. Para a cultura da mandioca foi identificada condição climática Plena em 13,67% do total da área da bacia; 3,55% na condição climática plena com período chuvoso prolongado; a condição climática Moderada por excesso hídrico não foi identificada; a condição climática Moderada por deficiência hídrica ocorreu em 21,03%, a condição Inapta por deficiência hídrica acentuada em 61,75%. O potencial de produção agrícola irrigada para a cultura da mandioca não apresentou potencial Muito Alto e Alto, potencial Médio em 3,19% da área, Baixo em 5,09%, Muito Baixo em 91,72%. Portanto, não se recomenda o cultivo irrigado de mandioca na bacia hidrográfica da região do médio curso rio Paraíba.

Palavras-chave: Geotecnologias; Classificação técnica; Mapeamento

ABSTRACT

This study aimed to evaluate and map the potential of agricultural production of cassava using geotechnologies for the basin of the middle course region of Paraíba river. SPRING was used to construct the maps of irrigation potential and water retention capacity of the soils and generate the

partial map through matrix crossing. Annual average rainfall data were used to construct the climate condition map. Subsequently, LEGAL was used to generate the agricultural production potential map through matrix crossing between the partial map and the climate scenario map. For cassava crop, the following climatic conditions were found: Full in 13.67% of the basin's total area; Full with prolonged rainy season in 3.55%; Moderate due to water excess was not identified; Moderate due to water deficit in 21.03%; and Unsuitable due to severe water deficit in 61.75%. Regarding the potential of irrigated agricultural production of cassava crop, there was no Very High or High, and it was classified as Medium in 3.19% of the area, Low in 5.09% and Very Low in 91.72%. Therefore, irrigated cassava cultivation is not recommended in the watershed of the region of the middle course of the Paraíba River.

Keywords: Geotechnologies; Technical classification; Mapping

1 INTRODUÇÃO

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

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

incorrer em problemas de colheita devido ao excesso hídrico (BARROS *et al.*, 2012).

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

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

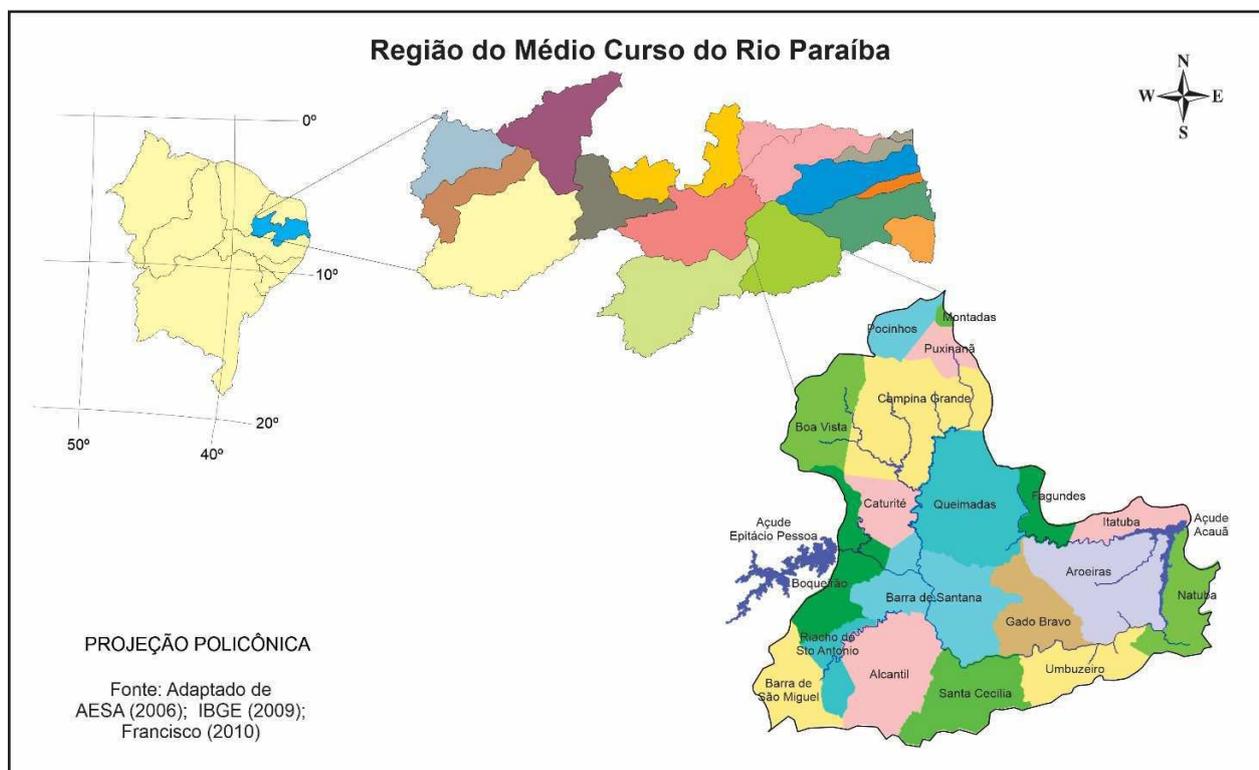
Com o advento da informática, o uso de geotecnologias, do Sistema de Informações Geográficas, a evolução dos sistemas computacionais para estudos de análise ambiental, tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maioria dos trabalhos executados de forma convencional e tem permitido o processamento de um grande volume de informações relevantes para tomadas de decisão (CARVALHO *et al.*, 2009; CÂMARA & MEDEIROS, 1996; FERNANDES *et al.*, 1998). Neste contexto, o sistema de informação geográfica é uma tecnologia que abrange cada vez mais projetos ambientais, sendo um agente facilitador na tomada de decisão (FRANCISCO *et al.*, 2011).

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

2 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 (Figura 1), composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: adaptado de IBGE (2009); AESA (2021); Francisco (2010)

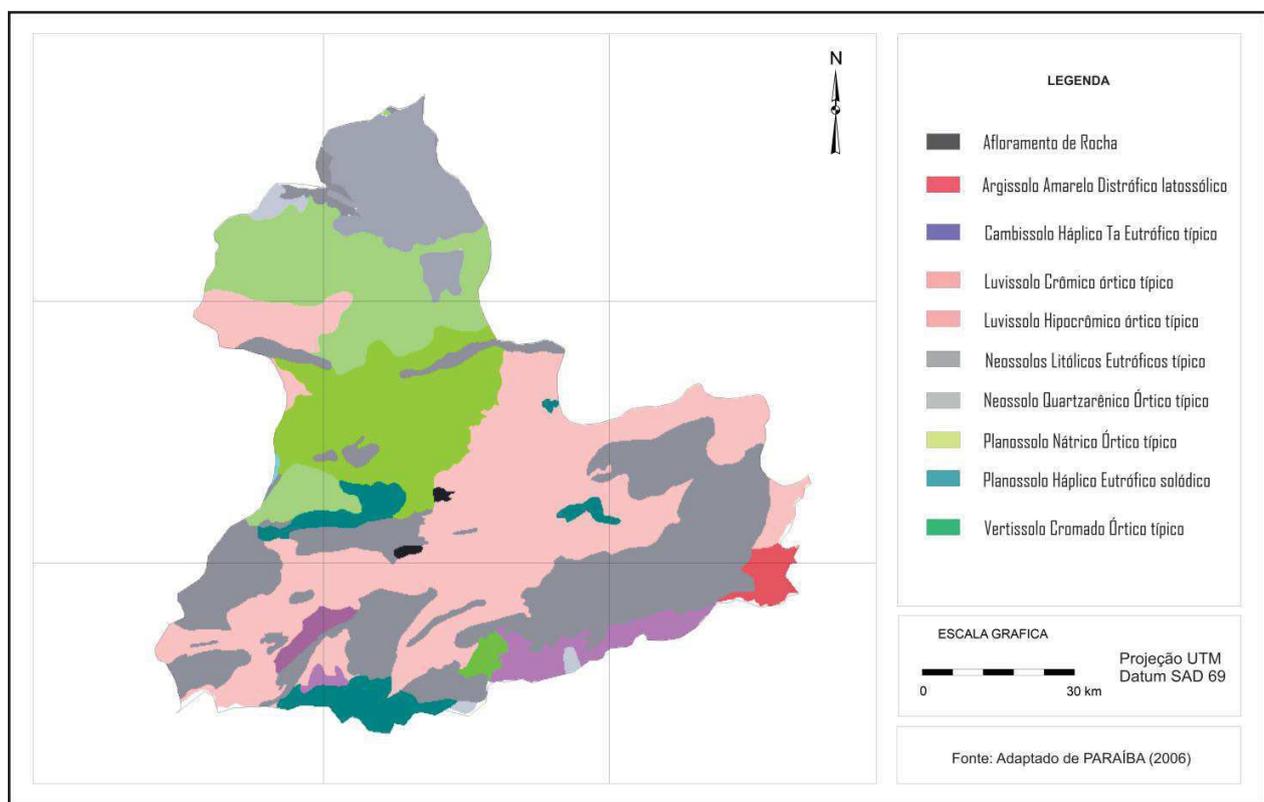
Conforme Francisco (2010) a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. A precipitação decresce do litoral para o interior da região (600 mm.ano^{-1}) devido, principalmente, a depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo

Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700 m).

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

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

Figura 2 – Mapa de solos da área de estudo



Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006)

Para tal, foi utilizado o mapa de potencial de irrigação dos solos elaborado por Francisco *et al.* (2021) que utilizou a classificação do *Bureau of Reclamation* (BUREC,

1953) com adaptações desenvolvidas para as condições da região nordeste do Brasil por Cavalcanti *et al.* (1994), onde por este trabalho foi categorizado nas classes de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classes do potencial de irrigação dos solos

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

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

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

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

Fonte: MAPA (2008)

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

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

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

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

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

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

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

Tabela 4 – Classes de condição climática

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

Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2018)

Tabela 5 – Classes do potencial de produção agrícola das culturas

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

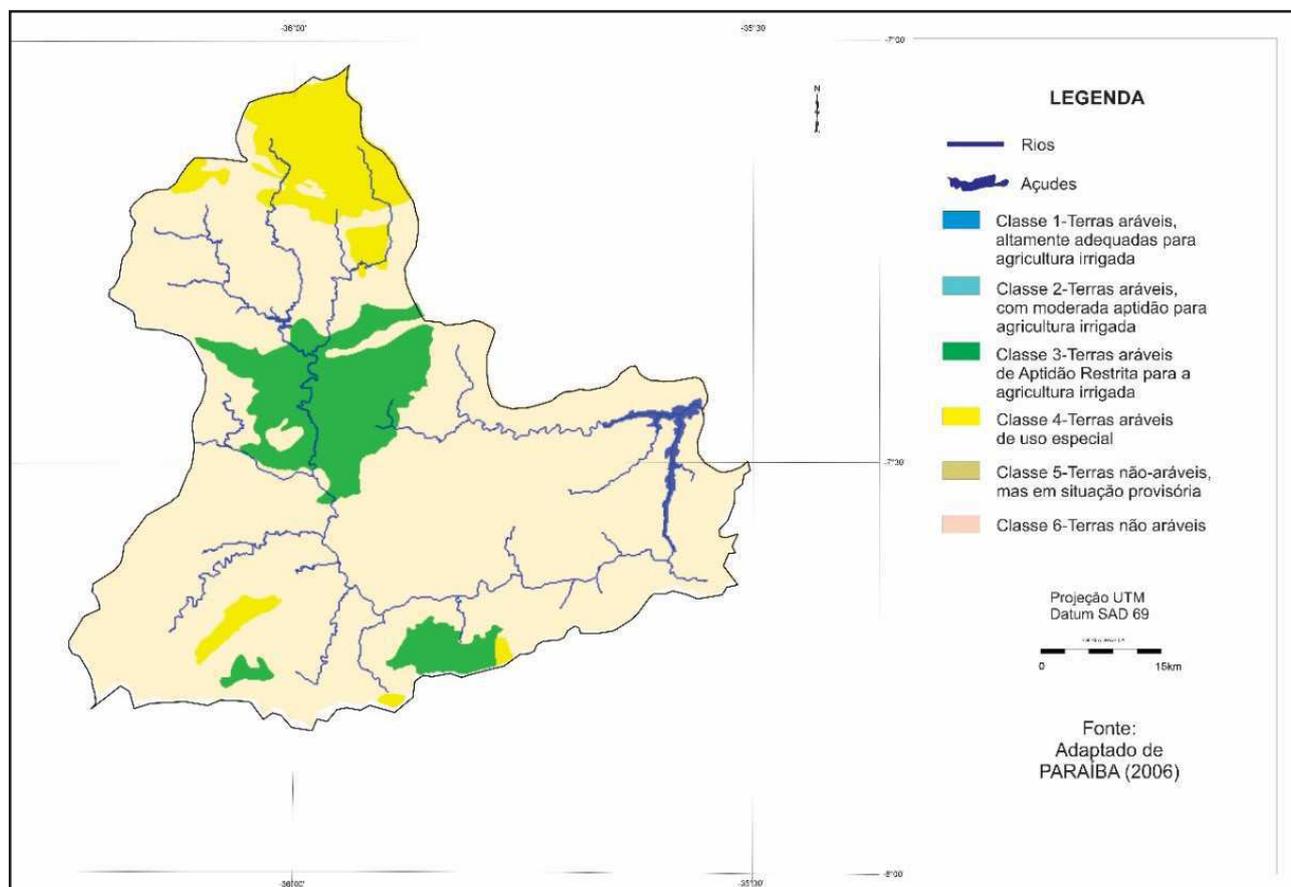
Legenda: C-Condição climática; I-Irrigação; T- Cap. ret. água no solo; MA-Muito Alto; A-Alto; M-Médio; B-Baixo; MB-Muito Baixo

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 3, observa-se Terras aráveis com aptidão restrita da classe 3, com área de 44.264,00 ha representando 11,67% da área total (Tabela 6). Terras aráveis de uso especial da classe 4 com área de 32.029,00 ha representando 8,44% do total. As Terras não aráveis da classe 6 apresentam área de 303.113,37 ha em 79,89% da bacia. Estas estão distribuídas em toda a região da bacia onde ocorre diversidade de solos.

Identifica-se 64.041,00 ha de terras do Tipo 1 (Figura 4) representando 16,88% da área total da bacia (Tabela 7). As áreas de terras do Tipo 2 perfazem 71.135,00 ha, representando 18,75% da área total. As áreas de terras do Tipo 3 perfazem um total de 64.284,00 ha, representando 16,94% da área. As áreas identificadas como Proibidas totalizam 179.946,37 ha, representando 47,43% da área distribuídas pela bacia.

Figura 3 – Potencial para irrigação da área de estudo

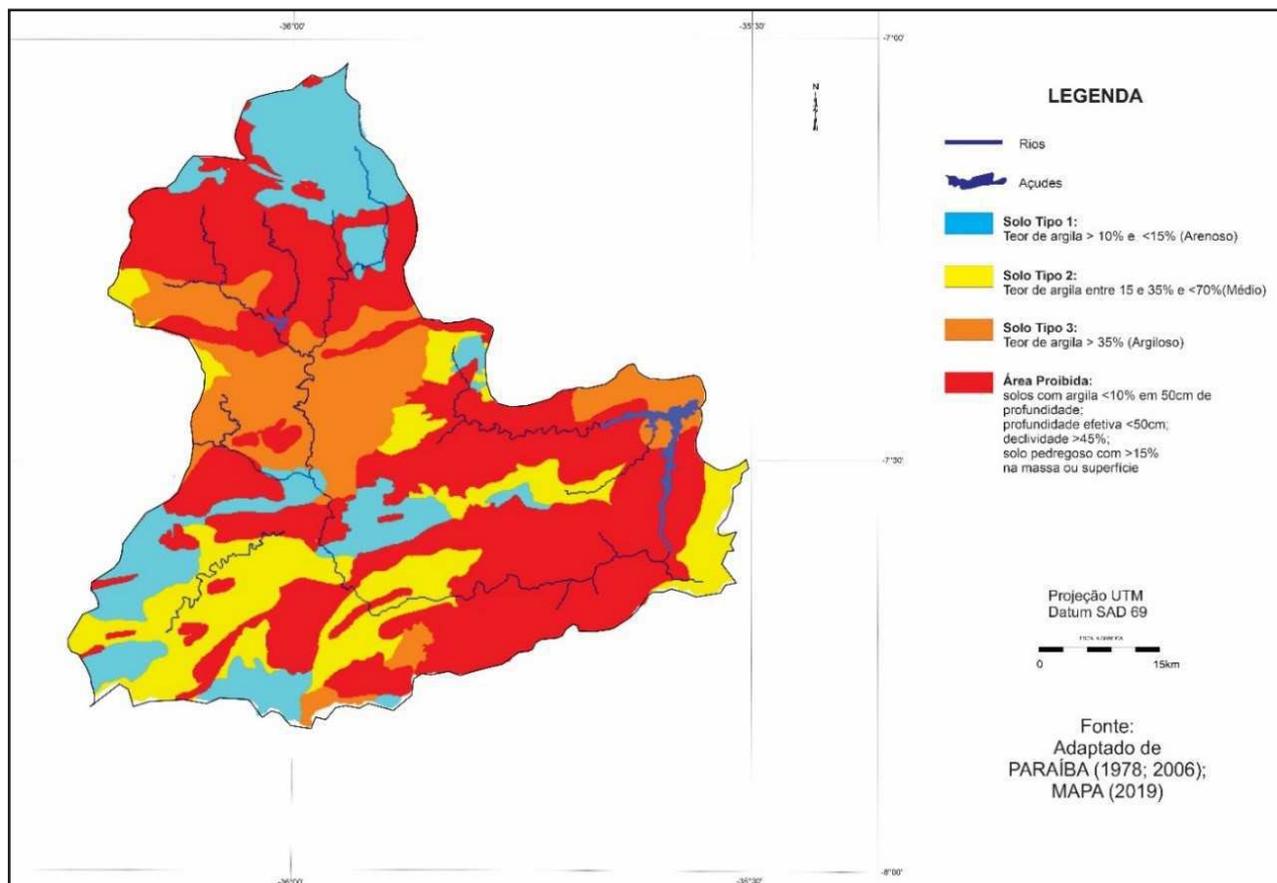


Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006)

Tabela 6 – Classes de irrigação

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

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

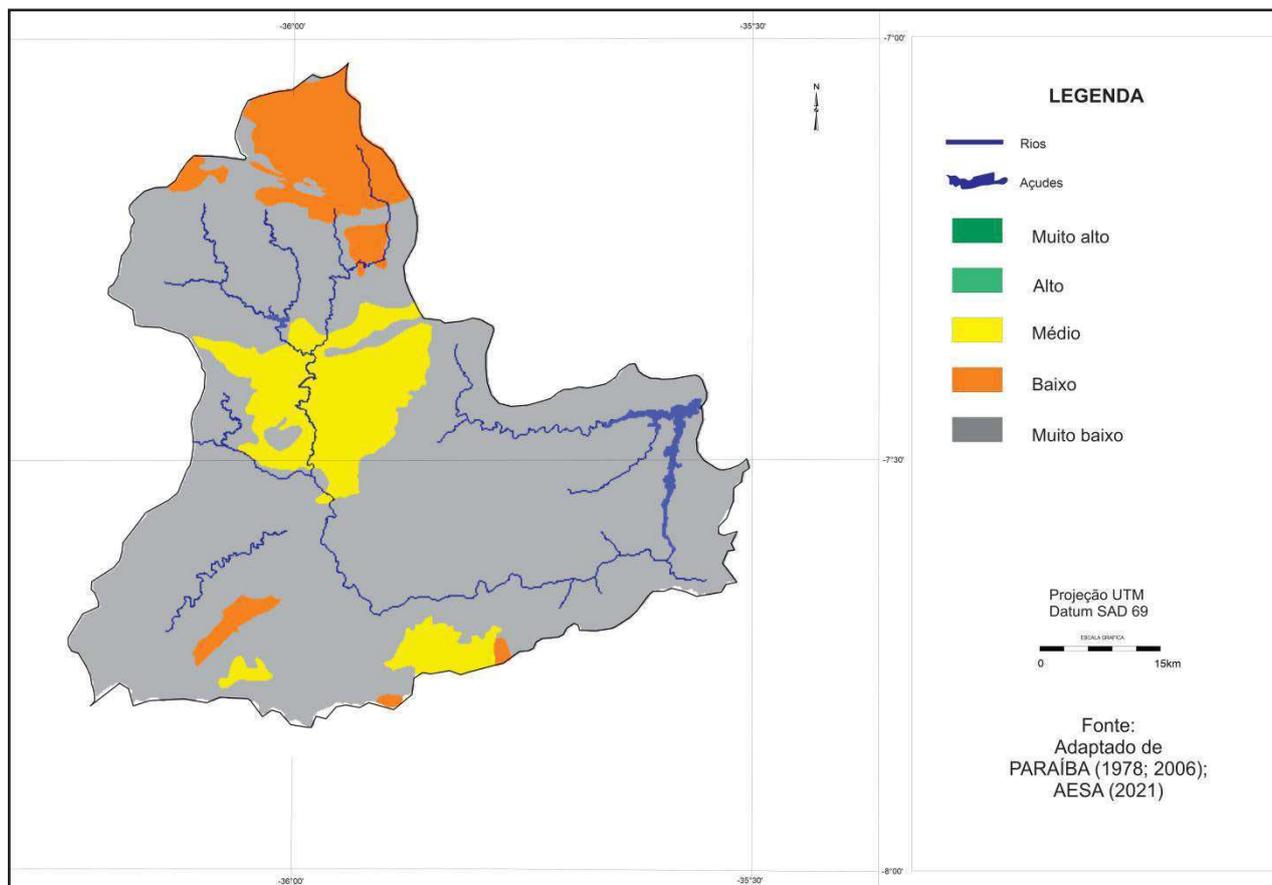


Fonte: Adaptado de PARAÍBA (1978; 2006); MAPA (2019)

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

Classes de capacidade de retenção de água pelos solos		ha	%
T1 - Tipo 1	Com teor de argila maior que 10% e menor ou igual a 15%	64.041,00	16,88
T2 - Tipo 2	Com solos com teor de argila entre 15 e 35% e menos de 70% areia	71.135,00	18,75
T3 - Tipo 3	Com solos com teor de argila maior que 35%	64.284,00	16,94
AP - Área Proibida	Sendo expressamente proibido o plantio de qualquer cultura que esteja em solos que apresentem teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm de solo; em solos que apresentem profundidade inferior a 50 cm; em solos que se encontra em áreas com declividade superior a 45%; e em solos muito pedregosos, isto é, solos nos quais calhaus e matações ocupam mais de 15% da massa e/ou da superfície do terreno	179.946,37	47,43
Total		379.406,37	100,00

Figura 5 – Recomendação para irrigação



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

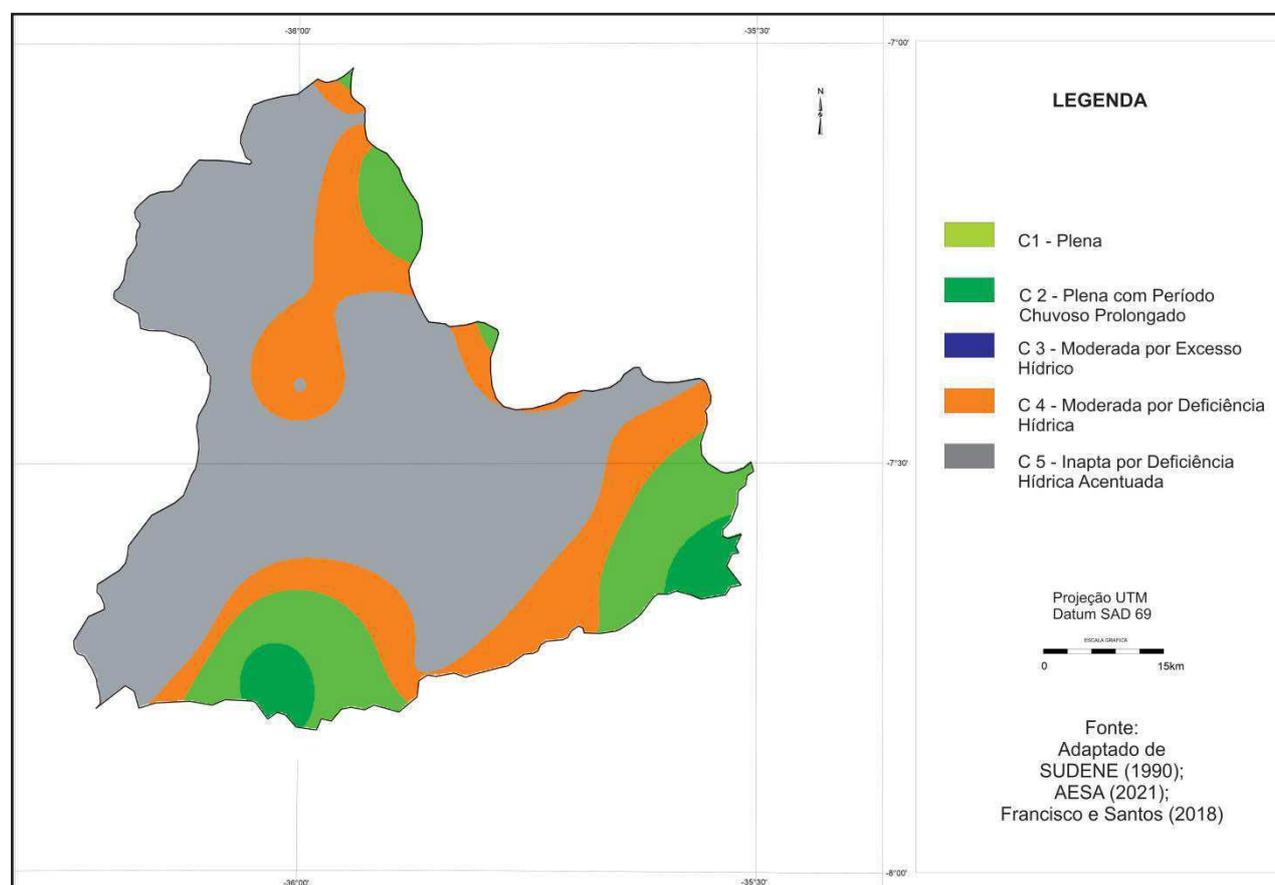
As áreas recomendadas para irrigação mapeadas por este trabalho (Figura 5) apresentam para a classe Média área de 44.250,12 ha representando 11,66% do total (Tabela 8). A classe Baixa com 32.016,51 ha de área representando 8,44% do total localizada ao norte da bacia. A classe Muito Baixa em 79,90% da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

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

Tabela 8 – Recomendação para irrigação

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

Figura 6 – Condição climática para a mandioca



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

Tabela 9 – Classes de condição climática da mandioca

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

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

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

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

Francisco *et al.* (2017) relatam que o índice de umidade e os elementos climáticos são determinantes para a definição da aptidão climática da mandioca no Estado da Paraíba. Os autores realizando a aptidão climática da mandioca para o Estado da Paraíba observaram que, as áreas com aptidão Inapta por deficiência hídrica acentuada

ocorrem na região semiárida onde se distribuem os menores índices de pluviosidade. Resultado similar encontrado por este trabalho, onde a bacia em estudo encontra-se localizada na área de transição entre o clima As' e Bsh.

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

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

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

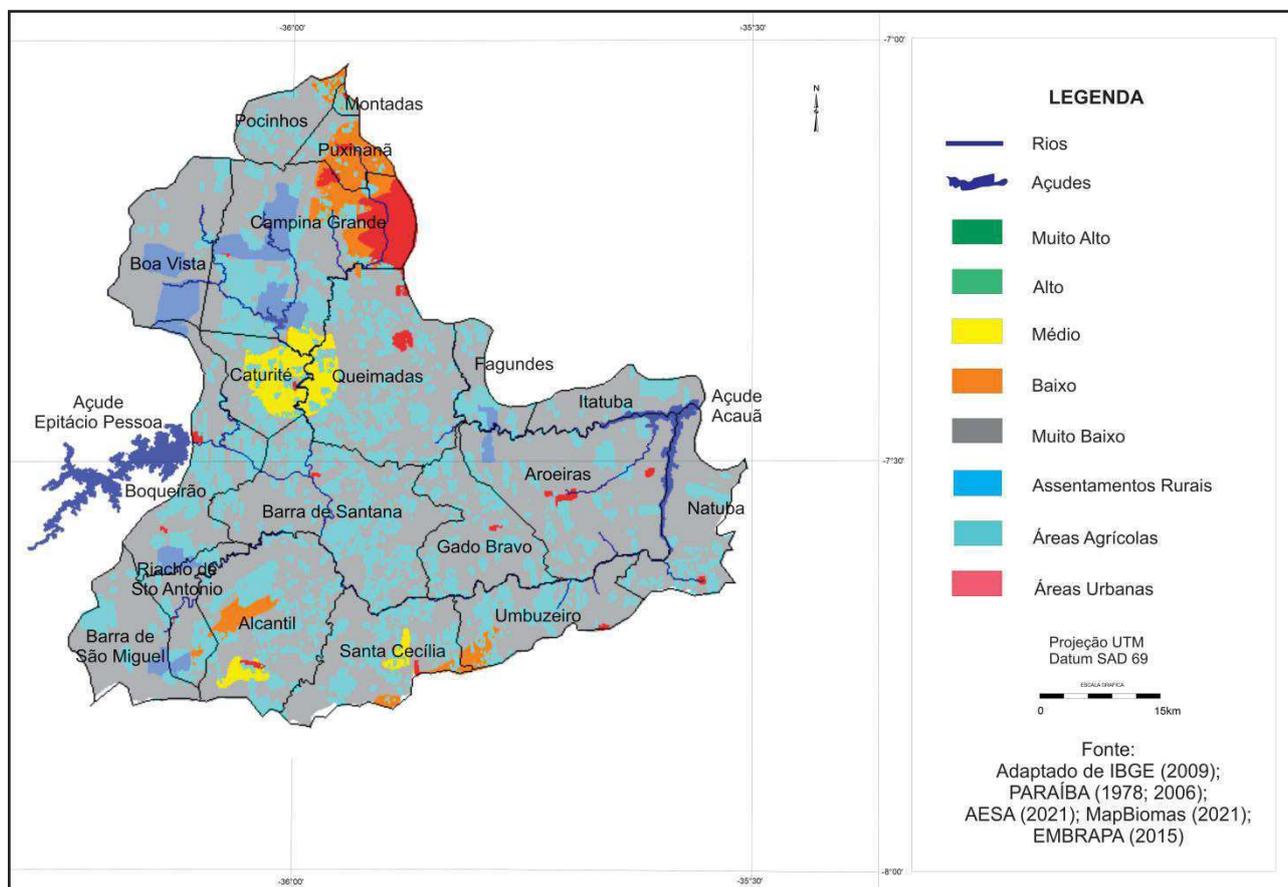
Os ambientes da classe Média abrangem 12.100,23 ha, representando 3,19% da área total, com ocorrência das subclasses M1, M2 e M8 (Tabela 10). Esta classe ocorre na região norte da bacia nos municípios de Caturité e Queimadas, e pequenas áreas ao sul em Alcantil e Santa Cecília. Notadamente em ambientes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

As áreas da classe Baixa contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 19.317,51 ha, representando 5,09% da área total, com ocorrência das subclasses B1 e B4. Estão localizadas ao norte da bacia em Puxinanã e Campina Grande, e ao sul em Umbuzeiro e região com pequenas áreas.

As áreas de potencial Muito Baixo contemplam os ambientes com fortes limitações de solo e/ou de clima, abrangem 347.988,63 ha, representando 91,72% da área total, com ocorrência das subclasses MB1, MB2, MB4, MB7, MB8 e MB9,

predominando a subclasse MB9 (50,59%). Estas classes ocorrem em quase toda a bacia por apresentarem inaptidão dos solos ao plantio e irrigação da cultura.

Figura 7 – Potencial de produção agrícola para a mandioca



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

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

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

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

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

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

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

produção, e os demais municípios sob solos da classe muito baixa, mas com produção da cultura.

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

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

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

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

De acordo com Fischer *et al.* (2002), os cultivos agrícolas de sequeiro dos pequenos agricultores familiares em áreas rurais dependem diretamente dos recursos naturais. Lavouras como feijão, mandioca e milho que são cultivadas por agricultores familiares segundo esse regime nos Estados que têm forte inserção de áreas no semiárido são fortemente dependentes da distribuição espacial e temporal das chuvas (PEREIRA, 2018).

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

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

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

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

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

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

4 CONCLUSÃO

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

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

O potencial de produção agrícola irrigada para a cultura da mandioca não apresentou potencial Muito Alto (MA) e Alto (A), potencial Médio (M) em 3,19% da área, Baixo (B) em 5,09%, Muito Baixo (MB) em 91,72% da área total.

Portanto, não se recomenda o cultivo irrigado de mandioca na bacia hidrográfica da região do médio curso rio Paraíba.

Devido a escala do mapa de solos de 1:200.000 utilizado por este trabalho, muitas áreas produtivas não são identificadas, portanto, recomenda-se aos agricultores melhor exploração pelo uso de cultivares que sejam melhores adaptadas e o uso de genótipos e épocas de plantio recomendados pela Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

REFERÊNCIAS

ADJEBENG-DANQUAH, J.; SAFO-KANTANKA, O. Genetic variation in foliage and protein yield of some elite cassava (*Manihot esculenta* crantz) genotypes in Ghana. **Journal of Plant Breeding and Genetics**, v. 1, p. 46-55, 2013.

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

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. cap.7. p.138-169, 2006.

AMARAL, F. C. S. DO. **Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na Região Semi-Árida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 218p. Convênio Embrapa Solos/ CODEVASF.

BARROS, A. H. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; TABOSA, J. N. **Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas**. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.

BASSOI, L. H.; GONDIM, R. S.; RESENDE, R. S.; ANDRADE JUNIOR, A. S. DE. A agricultura irrigada no nordeste do Brasil: estado da arte, desafios e oportunidades. In: (Org.) RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. **O estado da arte da agricultura irrigada no Brasil: desafios e oportunidades**. ANA: Brasília, 2017. 328p.

BUREC. Department of the Interior of United States. **Bureau of Reclamation Manual. Irrigated Land use: Land Classification**. v.5. pt.2. Denver, 1953. 54p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, C. B.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação. SBC, 1996.

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

CARVALHO, C. C. N.; ROCHA, W. F.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 46-55, 2009.

CAVALCANTE, F. DE S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no Estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 4, n. 8, p. 1-10, 2005.

CAVALCANTE, F. S. **Consortiação de mandioca e feijão comum: viabilidade da exploração em agricultura familiar na microrregião do Brejo Paraibano**. 80f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2005.

CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAÚJO FILHO, J. C. A.; SILVA, F. B. R. **Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste**. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 38p.

CAVALCANTI, J. **Material de plantio de mandioca no semiárido**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Petrolina: 2001. (Circular Técnica n.º 60).

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, p. 481-501, 2004.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; PORTO, M. C. M. Características fotossintéticas da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 1, n. 2, p. 143-154, 1989.

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

FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. DA. O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras de parte do setor leste da bacia do Rio Seridó, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 195-198, 1998.

FISCHER, G.; SHAH, M.; VAN VELTHUIZEN, H. **Climate change and agricultural vulnerability**. International Institute for Applied Systems Analysis to World Summit on Sustainable Development. Johannesburg: 2002. 160p.

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

FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE; SANTOS, D.; CHAVES, I. DE B.; BEIRIGO, R. M. Mapeamento do potencial pedológico do Estado da Paraíba para o cultivo da mandioca (*Maniõth esculenta Crantz*). In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO EM AGROECOLOGIA, 2, 2016, Sumé. **Anais...Sumé**, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; MORAES NETO, J. M. DE; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. Potencial de irrigação da região do médio curso do rio Paraíba. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 7, 2021, Goiânia. **Anais...Goiânia**, 2021.

FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. DE; SÁ, T. F. DE. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 1043-1055, 2011.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Aptidão Climática do Estado da Paraíba para as Principais Culturas Agrícolas**. 1ª ed. EPGRAF: Campina Grande, 2018. 120p.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. DE; OLIVEIRA, F. P. DE. Aptidão climática e pedológica da cultura do feijão caupi para as regiões do agreste e brejo paraibano. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1557-1570, 2017.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semiáridas. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 14, n. 1/2, p. 17-38, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20/10/2021.

KHAN, A. S.; SOUSA, J. DA S. Elasticidades de oferta e demanda de mandioca na região Nordeste. **Revista e Economia Sociologia Rural**, v. 29, n. 3, p. 249-257, 1991.

LEMONS, J. DE J. S.; SANTIAGO, D. F. Instabilidade Temporal na Produção Agrícola Familiar de Sequeiro no Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista Desenvolvimento em Questão**, v. 16, n. 45, p. 186-200, 2020.

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

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

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

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

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto de Planejamento. **Potencial de irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba**. FIPLAN-SUBIN-UFPB/CCA-CEPED, 1980. 287p.

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

PEREIRA, G. R. Correlação entre as secas e as perdas na agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordeste. *In: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2018, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2018.*

SOUSA, A. R. DE; SILVA, A. B. DA; ACCIOLY, L. J. DE O.; LIMA E SÁ, V. A. DE; NUNES FILHO, J.; SIQUEIRA, S. M. Avaliação do potencial das terras do município de Aliança-PE para uso com irrigação. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2013.*

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

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

Contribuição de Autoria

1 – Paulo Roberto Megna Francisco

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, SP

Doutorando em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais).

Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem)

<https://orcid.org/0000-0002-5062-5434> • paulomegna@gmail.com

Contribuição: Conceituação e Escrita

2 – Viviane Farias Silva

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, SP

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande.

Pós Doutora em Recursos Naturais.

<https://orcid.org/0000-0002-5891-0328> • viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

Contribuição: Conceituação e Escrita

3 – Djail Santos

Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB

Doutor em Crop and Soil Science (Michigan State University, MSU, 1998)

<https://orcid.org/0000-0003-2207-3115> • santosdjail@gmail.com

Contribuição: Conceituação e Escrita

4 – George do Nascimento Ribeiro

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, SP

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG).

<https://orcid.org/0000-0003-4225-0967> • george@ufcg.edu.br

Contribuição: Conceituação e Escrita

5 – Gypson Dutra Junqueira Ayres

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, SP

Doutorando em Engenharia Agrícola no PPGEA da UFCG.

<https://orcid.org/0000-0002-1959-1424> • fgypsond@gmail.com

Contribuição: Conceituação e Escrita

6 – Luciano Marcelo Fallé Saboya

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, SP

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande

<https://orcid.org/0000-0002-7586-6867> • lsaboya@hotmail.com

Contribuição: Conceituação e Escrita

Como citar este artigo

FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. do N.; AYRES, G. D. J.; SABOYA, L. M.F. Potencial da produção agrícola da mandioca (*Manioth esculenta Crantz*) em bacia hidrográfica utilizando SIG. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 45, e4, 2023. DOI 10.5902/2179460X69511