



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

WESLEY GOIS PASSOS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO – ESO
Potencialidade de Terras para Irrigação do Território Indígena Potiguar para a
cultura do Milho.

RECIFE-PE

2024

WESLEY GOIS PASSOS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO - ESO
Potencialidade de Terras para Irrigação do Território Indígena Potiguar para a cultura do Milho.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Dois Irmãos - Sede.

Orientador: Jean Cheyson Barros dos Santos

Supervisor: José Coelho de Araújo Filho

RECIFE-PE

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

A Comissão de avaliação do Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) do discente Wesley Gois Passos, por satisfazer as exigências de conteúdo e carga horária.

Recife, 27 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Leonardo Cristiano da Silva Freitas
(Mestrando UFRPE)

Cybelle Souza de Oliveira
(Pós-doutoranda UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Este relatório, referente às atividades realizadas durante a minha vigência no Estágio Supervisionado Obrigatório, marca a finalização do meu processo de formação como Engenheiro Agrônomo, pela na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Portanto, gostaria de utilizar este espaço para expressar minha gratidão a todos aqueles que fizeram parte desta jornada e que, de alguma maneira, contribuíram significativamente para o meu êxito neste objetivo.

Em primeiro lugar, quero expressar minha gratidão aos meus familiares, em especial, aos meus pais, Regiane de Fatima Gois e Railson Ferreira Passos. Mesmo estando fisicamente distantes, sempre estiveram presentes em minha vida, incentivando-me, oferecendo apoio e contribuindo incondicionalmente para que eu pudesse superar todos os obstáculos e avançar nesta jornada acadêmica. Ter este apoio foi e é fundamental em minha vida. Com toda certeza, chegar até aqui não seria possível sem ele.

Agradeço também aos meus amigos e colegas de classe que estiveram comigo compartilhando bons e maus momentos, oferecendo o apoio necessário para que eu pudesse vencer os desafios da graduação e tornar o processo menos árduo e mais prazeroso. O suporte e o ombro amigo de cada um de vocês foram fundamentais para que eu pudesse acalmar os ânimos, organizar as ideias e seguir adiante.

Agradeço profundamente aos meus professores e mentores, em especial ao meu orientador, Professor Dr. Jean Cheyson Barros dos Santos, que sempre manteve as portas abertas para mim e foi fundamental para a tomada de decisões em momentos desafiadores da minha trajetória acadêmica. Além disso, expressei minha gratidão ao meu supervisor de estágio, o pesquisador da Embrapa Dr. José Coelho de Araújo Filho, que proporcionou a mim a oportunidade de trabalhar em sua equipe e pacientemente compartilhou um pouco da sua experiência e conhecimentos. Ambos me inspiram e foram peças fundamentais para o meu crescimento profissional e pessoal.

Por fim, agradeço a todos que, de algum modo, foram importantes e contribuíram com o meu percurso acadêmico e para a realização deste trabalho. A

companhia e a colaboração de cada um de vocês foram únicas e indispensáveis para mim nessa jornada.

RESUMO

O presente relatório do Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO), desenvolvido sob supervisão do pesquisador da Embrapa Solos, Dr. José Coelho de Araújo Filho, analisa a potencialidade para irrigação das terras pertencentes ao território indígena potiguara, especificamente para a cultura do milho. O território em estudo, está localizado no litoral norte da Paraíba, estende-se por aproximadamente 21,2 mil hectares e é reconhecido como uma terra tradicional dos povos indígenas Potiguaras. A área possui diversas classes de solos, com predominância para os argissolos, espodossolos, gleissolos, neossolos, além de áreas com solos de mangue. No geral, as terras demonstram um potencial de irrigação médio para a produção do milho, sendo os principais parâmetros limitantes a classe textural (V), o percentual de Ca^{+2} e Mg^{+2} (Y), a velocidade de infiltração básica (I) e a profundidade da zona de redução (W). Os dados coletados mostraram a cultura do milho como uma opção viável para atividade agrícola em cerca de 70,67% dos solos pertencentes ao território Potiguara. Desse modo, mostrando a importância que os resultados obtidos neste estudo possuem, uma vez que poderão ser utilizados a fim de contribuir com escolhas mais assertivas em relação ao manejo sustentável e eficiente do solo, assim como aumento da produtividade e crescimento sustentável dos povos pertencentes a este território. Por fim, foi elaborado um mapa cartográfico para melhor representação da área e dos resultados de classes e potenciais obtidos no trabalho.

Palavras-chave: irrigação; milho; território Potiguara; manejo sustentável.

ABSTRACT

The present report on the Mandatory Supervised Internship (MSI), developed under the supervision of the Embrapa Soils researcher, Dr. José Coelho de Araújo Filho, analyzes the potential for irrigation of lands within the Potiguara indigenous territory, specifically for corn cultivation. The studied territory is located on the northern coast of Paraíba, covering approximately 21.2 thousand hectares and is recognized as traditional land of the Potiguara indigenous people. The area comprises various soil classes, predominantly Argisols, Spodosols, Gleysols, Neosols, as well as areas with mangrove soils. Overall, the lands demonstrate a medium irrigation potential for corn production, with the main limiting parameters being the textural class (V), the percentage of Ca^{2+} and Mg^{2+} (Y), the basic infiltration rate (I), and the depth of the reduction zone (W). The collected data showed corn cultivation as a viable option for agricultural activity in about 70.67% of the soils within the Potiguara territory. Thus, highlighting the importance of the results obtained in this study, as they can be used to contribute to more informed choices regarding sustainable and efficient soil management, as well as the increased productivity and sustainable growth of the people in this territory. Finally, a cartographic map was created for a better representation of the area and the results of classes and potentials obtained in the study.

Keywords: irrigation; Potiguara territory; corn; sustainable management.

Sumário

1. Introdução	9
2. Metodologia	11
2.1 Caracterizações da área de estudo	11
2.2 Unidades de Mapeamento (MU)	12
2.3 Parâmetros de classificação pelo SiBCTI	12
2.4 Parâmetros do Sistema relacionados ao Solo	13
2.4.1 Profundidade	13
2.4.2 Ca + Mg (Y)	14
2.4.3 Valor T (T)	14
2.4.4 pH do Solo medido em Água (H)	15
2.4.5 Saturação por Sódio Trocável (S)	15
2.4.6 Alumínio Trocável (M)	15
2.4.7 Classe Textural (V)	16
2.4.8 Capacidade de Água Disponível (C)	16
2.4.9 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (E)	17
2.4.10 Mineralogia da argila (A)	17
2.4.11 Espaçamento entre drenos (D)	18
2.4.12 Posição na Paisagem (B)	19
2.4.13 Topografia - Declividade (G)	19
2.4.14 Condutividade Hidráulica (K)	20
2.4.15 Velocidade de Infiltração Básica - (I)	20
2.4.16 Profundidade da Zona de Redução (W)	21
2.4.17 Pedregosidade (P)	21
2.4.18 Rochosidade (R)	23
2.5 Parâmetros do sistema relacionados à qualidade e custo de captação de água para irrigação	24
2.6 Definições das Classes de Terra para Irrigação	24
2.7 Representação das classes de terra para irrigação	25
2.8 Inserção de dados no software do SiBCTI	26
2.9 Método de avaliação do potencial de terras para irrigação	26
3. Resultados e Discussão	28
3.1 Distribuição dos Solos Potiguara	28
3.2 Principais características dos Solos	28
3.3 Principais parâmetros limitantes	29
3.4 Potencial de Terras para Irrigação	31
3.5 Áreas de terras com potencial médio	32
3.6 Áreas de terras com potencial baixo	33
3. Considerações finais	34

Referências	36
APÊNDICES	40

1. Introdução

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi fundada em 1973 com a missão de impulsionar o progresso agrícola no Brasil. Utilizando uma abordagem multidisciplinar, a Embrapa realiza pesquisas em diversas áreas, como genética, manejo de solos, sanidade animal e vegetal, e agroindústria. Sua atuação é reconhecida como uma referência no avanço da pesquisa, na geração de conhecimento e no desenvolvimento de soluções tecnológicas para aprimorar a qualidade produtiva agropecuária.

Uma das unidades da Embrapa é a Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife (UEP Recife), estabelecida em 1957. Vinculada à Embrapa Solos, essa unidade foi criada com o propósito de atender às necessidades de pesquisa sobre os solos da região Nordeste do Brasil. Ao longo dos anos, as investigações conduzidas pela UEP Recife têm contribuído significativamente para a expansão e aprimoramento das atividades agropecuárias na região.

A UEP Recife desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de pesquisas direcionadas à classificação de solos, manejo conservacionista do solo, fertilidade, manejo agrícola sustentável, entre outros. Um dos projetos em andamento é o Projeto Solos Potiguara, uma iniciativa da Embrapa Solos em parceria com a Associação Paraibana dos Produtores de Mel da Baía da Traição. Este projeto tem como objetivo conduzir estudos relacionados ao solo e à irrigação para viabilizar a implementação de práticas agrícolas irrigadas no território indígena Potiguara, localizado no litoral norte da Paraíba. Assim, além de promover o uso sustentável do solo, o projeto busca impulsionar o desenvolvimento econômico e social da região.

Nesse contexto, o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SIBCTI) surge como uma ferramenta estratégica. Dado o desafio global de garantir a segurança alimentar para todas as pessoas, a irrigação é cada vez mais essencial na produção de alimentos. Estudos da FAO indicam que até 2050 será necessário um aumento significativo na produção de alimentos, sendo que a maior parte desse aumento virá de áreas irrigadas. No entanto, apenas uma pequena porcentagem do território brasileiro é destinada à produção agrícola irrigada.

O SIBCTI é um sistema especialista projetado para auxiliar na tomada de decisões relacionadas à irrigação. Ele analisa uma série de dados, como características do solo, sistema de irrigação, cultura específica e qualidade da água, para determinar a classe de aptidão da terra para irrigação. Essa classificação considera as exigências específicas de cada cultura e sistema de irrigação, permitindo que os agricultores e planejadores façam escolhas mais assertivas. Para facilitar o uso deste sistema, foi desenvolvido um software que simplifica o processo de classificação de terras para irrigação.

Inicialmente criado em 2005 em uma parceria entre a Embrapa e a Codevasf, o SIBCTI foi gradualmente expandido e aprimorado. Até 2012, o software era exclusivo para a região semiárida do Brasil. No entanto, com o apoio do Ministério da Agricultura e Pecuária, a partir de 2016, uma versão nacional foi desenvolvida. Atualmente, o SIBCTI fornece classes para uma variedade de culturas, incluindo acerola, banana, cana-de-açúcar, café, entre outras, contribuindo assim para uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos e do solo no Brasil.

Portanto, o estudo em questão tem como principais objetivos fornecer informações relacionadas às características do solo Potiguara, assim como suas classes e potenciais para a implementação do milho irrigado. Além disso, objetiva-se identificar as condições de uso mais adequadas para cada região do território, contribuindo para o planejamento estratégico e tomadas de decisões mais assertivas. Por fim, o estudo busca promover condições para maior produtividade, assim como proporcionar o desenvolvimento sustentável para os povos da região.

2. Metodologia

2.1 Caracterizações da área de estudo

A terra indígena potiguara é a maior das três terras existentes na reserva, está situada no litoral norte da Paraíba e possui cerca de 21.000 hectares (Figura 1). O território está distribuído entre quatro municípios, Baía da Traição, Marcação, Rio Tinto e Mataraca, com 99 Km², 65 Km², 46 Km² e 0,07 Km² para cada município, respectivamente.



Figura 1: Mapa de localização da terra indígena Potiguara/PB.

Fonte: Embrapa Solos, 2023.

Essa região abrange solos provenientes de sedimentos dos Baixos Tabuleiros Costeiros nas áreas mais elevadas e, em menor proporção, de sedimentos da baixada litorânea. Nas áreas mais elevadas, essas terras têm sido utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar, uma cultura que carece de investigações mais aprofundadas sobre o solo, visando otimizar a sua produtividade.

Devido à reputação dos solos na região dos Tabuleiros Costeiros da Paraíba, conhecidos por sua natural baixa fertilidade, incluindo classes como Argissolos Amarelos, Argissolos Acinzentados, Espodossolos Humilúvicos e Neossolos Quartzarênicos, é comum encontrar áreas produtivas com deficiência de macro e micronutrientes essenciais, além de uma menor capacidade de retenção hídrica. Isso pode resultar em perdas significativas de produtividade, principalmente, em anos com pouca chuva ou distribuição irregular.

Portanto, é essencial que sejam realizados estudos sobre a variabilidade desses solos, visando a orientação para o planejamento agrícola, principalmente em relação aos sistemas de irrigação mais adequados e as culturas mais apropriadas para implementação em cada região do território. Tais conhecimentos são imprescindíveis para a viabilidade econômica das atividades agrícolas.

2.2 Unidades de Mapeamento (MU)

A delimitação dos polígonos, que representam as unidades de mapeamento presentes no território, foi determinada de acordo com características específicas que influenciam a produtividade e as práticas de manejo da área. Os parâmetros utilizados para delimitação foram tipo de solo, clima, relevo e vegetação predominante. Cada fator foi avaliado de acordo com a experiência do profissional da pedologia presente em campo.

2.3 Parâmetros de classificação pelo SiBCTI

O Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI), desenvolvido observando a estrutura básica vigente no 16 BUREC (CARTER, 2002). É um sistema que foi desenvolvido com o objetivo de definir a potencialidade do ambiente para desenvolver culturas sob determinado tipo de sistema de irrigação, podendo inclusive, auxiliar na tomada de decisão sobre qual sistema de irrigação e qual cultura agrícola são mais apropriados para as condições edafoclimáticas de cada região. Para isto, o SiBCTI foi construído por meio de várias regras predefinidas que avaliam e classificam com base na interação entre os valores referentes aos parâmetros relacionados ao solo, água, sistema de irrigação e cultura. O entendimento dessas interações é, portanto, o requisito básico demandado pelo sistema no processo de avaliação da aptidão de terras para irrigação.

2.4 Parâmetros do Sistema relacionados ao Solo

Primeiramente, antes de abordar sobre os parâmetros do sistema relacionados ao solo, é importante ressaltar que os dados morfológicos e analíticos dos perfis são apresentados por horizontes. No entanto, o SiBCTI exige que essas informações sejam fornecidas por camadas e, portanto, tais informações devem ser adaptadas.

Desse modo, ao inserir dados no sistema quando as espessuras dos horizontes não coincidem com as camadas definidas pelo SiBCTI, o preenchimento dos dados deve seguir três situações distintas:

Situação 1: O valor atribuído a uma camada que abrange mais de um horizonte será obtido através da média ponderada entre os valores, levando em consideração suas respectivas espessuras dentro de cada camada.

Situação 2: O valor atribuído a uma camada que abrange apenas parte de um horizonte será igual ao valor do próprio horizonte.

Situação 3: Em casos de horizontes com ausência de dados, o valor atribuído a respectiva camada do SiBCTI deverá ser zero.

Os valores adicionados no software devem seguir as diretrizes do Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017).

2.4.1 Profundidade

O processo de determinação do parâmetro de profundidade do solo para a classificação no SiBCTI compreende uma análise morfológica realizada no campo pelo pedólogo, seguida pelos resultados analíticos do laboratório. Esses dados são apresentados por horizontes ou camadas conforme sua ocorrência no campo, no entanto, o SiBCTI exige informações de profundidade por espessura de camadas predefinidas.

O foco do SiBCTI está na espessura de solo que possibilita a livre penetração do sistema radicular das culturas agrícolas desejadas, sem impedimentos causados por barreiras físicas como rocha consolidada, duripã, fragipã, horizonte litoplântico, horizonte plântico, horizonte plânico, horizonte plântico ou elevado nível do lençol freático.

Para o preenchimento do campo no sistema, são cruciais duas informações:

- A profundidade do solo até a camada semipermeável - cm;
- A profundidade até a camada impermeável – cm.

Esses detalhes geralmente não são explicitamente delineados na ficha do perfil pedológico, mas podem ser inferida por meio de outras observações presentes na descrição morfológica, como a presença de mosqueado, cor do solo, estrutura, consistência, drenagem do perfil, entre outros. O classificador adquire esses parâmetros na ficha do perfil de solo representativo da área para determinar o

potencial de cultivo sob irrigação.

2.4.2 Ca + Mg (Y)

Os elementos cálcio, magnésio e potássio são os elementos mais significativos do solo. O sódio também apresenta uma grande importância, pois desempenha um papel crucial no complexo coloidal de solos salinos e alcalinos. No SiBCTI, apenas o potássio não é exigido como parâmetro de entrada pelo usuário nas propriedades do solo para fins de classificação.

As informações relacionadas à variável Ca + Mg devem ser apresentadas em cmolc.kg^{-1} e em três camadas do solo: 0-20, 20-60 e 60-120 cm, para que o sistema gere a classificação final da terra.

2.4.3 Valor T (T)

O Valor T, representando a quantidade total de cátions retida por unidade de peso do solo, reflete a capacidade do solo em reter em sua matriz os cátions essenciais ao desenvolvimento das plantas, prevenindo sua perda por lixiviação profunda.

As informações relacionadas a essa variável devem ser apresentadas em cmolc kg^{-1} e distribuídas em três camadas distintas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm. Esses dados são cruciais para que o sistema possa gerar a classificação final da terra.

2.4.4 pH do Solo medido em Água (H)

O pH é um indicador que descreve o nível de acidez ou alcalinidade de uma solução ou dispersão. No contexto do solo, a faixa de pH considerada normal abrange de 5,0 a 7,0. Valores que se situam fora dessa faixa podem ocasionar desequilíbrios na nutrição das plantas ou provocar o aumento da concentração de íons tóxicos.

As informações sobre o pH em água devem ser fornecidas em unidades adimensi

onais para três camadas do solo: 0-20cm, 20-60cm e 60-120cm.

2.4.5 Saturação por Sódio Trocável (S)

O sódio desempenha um papel crucial na agricultura irrigada, tanto devido à sua fitotoxicidade quando presente na solução do solo quanto à sua capacidade desestruturante. Ele atua como um agente desfloculador das unidades pedológicas do solo, conferindo propriedades físicas extremamente desfavoráveis à penetração da água e das raízes.

As informações relacionadas a essa variável devem ser apresentadas em porcentagem por sódio trocável (PST = 100 Na T-1) e distribuídas em quatro camadas distintas: 0- 20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm. Esses dados são essenciais para que o sistema possa gerar a classificação final do ambiente.

2.4.6 Alumínio Trocável (M)

O alumínio é o principal elemento fitotóxico natural em solos tropicais (solos com pH em água menor que 5.5, bem desenvolvidos e com alto percentual de minerais secundários), e se não for corrigido através da calagem, pode ocasionar elevadas perdas de produtividade. As informações referentes a variável Alumínio Trocável deverão ser fornecidas em cmolc kg⁻¹ e para três profundidades: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra.

2.4.7 Classe Textural (V)

A textura do solo refere-se à proporção relativa das partículas em uma determinada massa de solo, considerando a distribuição de suas partículas de acordo com o tamanho. Esse conceito específico diz respeito às proporções relativas das frações de areia, silte e argila. A determinação dessas proporções começa em parte no campo, baseando-se nas sensações táteis do pedólogo, mas os resultados são sempre confirmados em laboratório de física do solo, sendo determinados em amostras de terra fina seca ao ar (TFSA). As coletas do material para análise laboratorial são realizadas no momento da descrição em campo da morfologia do solo, em todos os horizontes e/ou camadas, sendo encaminhadas para análise pelo profissional responsável pelo levantamento de solos.

A entrada desses dados no SiBCTI ocorre por meio da aba "Classe Textural", onde o classificador escolhe entre as opções disponíveis na aba: muito argilosa, argilosa, siltosa, média e arenosa. Além disso, há opções de texturas binárias, como média/argilosa, média/muito argilosa, argilosa/muito argilosa, arenosa/média e

arenosa/argilosa.

2.4.8 Capacidade de Água Disponível (C)

O conceito de água disponível é definido, usualmente, como o teor de água do solo compreendido entre a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente (PMP). Para sua obtenção no SiBCTI, é necessário determinar esses parâmetros e

calculá-la através do uso da seguinte equação:

$$C_z = \frac{(CC\% - PM\%)D_z}{100}$$

em que:

C_z - Camada ou Capacidade ou Lâmina de Água Disponível para a camada Z;
 CC% - teor de água na Capacidade de Campo ou Umidade Equivalente, dependendo da textura do solo; PMP% - teor de água no Ponto de Murcha Permanente; D_z - Densidade do Solo; Z - Camada considerada (20, 60 ou 120 cm).

No SiBCTI, as informações referentes à Capacidade de Água Disponível deverão ser fornecidas em milímetros e para três camadas: 0-20, 0-60 e 0-120 cm, propiciando que o sistema gere a classificação final da terra avaliada.

Os valores referentes a este parâmetro foram obtidos por meio do trabalho publicado pela Embrapa Solos, intitulado como “Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil” (ZARC, Ano).

2.4.9 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (E)

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é uma medida indireta da salinidade do ambiente, estando vinculada aos constituintes iônicos totais na solução, ou seja, à soma de cátions ou ânions determinados quimicamente e aos sólidos dissolvidos. A medição da condutividade elétrica é realizada diretamente na pasta de saturação do solo.

As informações relacionadas à variável Condutividade Elétrica devem ser

apresentadas em dS m⁻¹ e distribuídas em quatro camadas distintas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm. Esses dados são essenciais para que o sistema possa gerar a classificação final do ambiente.

2.4.10 Mineralogia da argila (A)

As argilas de atividade alta, também denominadas do tipo 2:1, desempenham um papel crucial no gerenciamento dos solos, especialmente em termos de drenagem interna, mecanização, retenção de água e capacidade de retenção de cátions ou ânions. Essa variável é de grande importância, pois fornece dados essenciais para avaliar o comportamento físico do solo, influenciando diretamente aspectos como condutividade hidráulica, drenagem, adaptação a diferentes sistemas de irrigação e potenciais respostas das culturas vegetais.

A percepção dessa variável geralmente ocorre por meio da análise de mapas de solos, na ausência dos quais, a observação do tipo de material original dos solos ou a análise da morfologia do solo, incluindo a presença de slickensides, rachaduras e outras evidências em trincheiras ou barrancos, pode oferecer insights valiosos.

É importante destacar que a presença de argila com mineralogia do tipo 2:1 não implica automaticamente na desqualificação da área para irrigação. Pelo contrário, há inúmeras experiências bem-sucedidas de exploração desses solos com sistemas de irrigação. No entanto, a aceitação desses solos expansivos dependerá de outras características, como profundidade, presença de pedras na superfície e na massa do solo, ocorrência em áreas abatidas, entre outros fatores.

Mesmo quando considerados irrigáveis, o manejo desses solos requer especial atenção, especialmente em relação à manutenção do teor de água no solo. É crucial evitar níveis elevados desse teor, pois o solo, se saturado, torna-se impróprio para mecanização, enquanto, se estiver seco, pode retardar a infiltração da água no solo. As informações deste parâmetro para entrada no SiBCTI não estão disponíveis nas tabelas oriundas do levantamento pedológico. Ela deve estar relacionada nas observações das fichas pedológicas provenientes dos levantamentos de solos.

2.4.11 Espaçamento entre drenos (D)

Essa variável está intimamente ligada à exigência de realizar obras de

drenagem subterrânea e, por conseguinte, à sua viabilidade econômica. Quanto menor a condutividade hidráulica de um solo, menor será o espaçamento necessário entre os drenos. Essa condição pode elevar significativamente os custos do projeto de irrigação, a ponto de torná-lo economicamente inviável.

O cálculo do espaçamento entre drenos pode ser obtido por tabelas previamente preparadas ou pela fórmula de Hooghoudt. Normalmente, trabalha-se com o valor limite de 20 metros para esse parâmetro. No entanto, para a formulação do SiBCTI, adotou-se o valor de 15 metros como limite para o espaçamento entre drenos.

As informações deste parâmetro, para entrada no SiBCTI, não estão disponíveis nas tabelas oriundas do levantamento pedológico. Ela deve estar relacionada nas observações das fichas pedológicas provenientes dos levantamentos de solos e/ou no histórico da área.

2.4.12 Posição na Paisagem (B)

Essa informação é relativa a terras relacionadas com áreas abaciadas, depressões, onde não existe possibilidade de drenagem natural que permita a retirada do excesso de sais, carreando para rios ou lagos posicionado em cota inferior, e geralmente vem nas observações do pedólogo na descrição do perfil do solo. Na sua ausência, pode-se observar a presença de vegetação característica no local ou sua ausência na área de interesse para a classificação.

Além disso, características descritas no perfil do solo, como presença de lençol freático elevado, mosqueado ao longo do perfil, cores de redução, entre outros, também ajudam a determinar esse parâmetro. Outra possibilidade é a do classificador de terras para irrigação acessar o levantamento plani-altimétrico da área de estudo, onde facilmente são localizadas essas zonas naturais de acúmulo de água.

2.4.13 Topografia - Declividade (G)

A inclinação ou declividade do terreno pode influenciar os sistemas de irrigação de diversas maneiras, tendo relevância principalmente nos sistemas de irrigação de superfície, podendo impactar tanto a uniformidade na distribuição da lâmina d'água aplicada quanto, a depender da textura do solo, propiciar a erosão, podendo tornar

inviável a instalação desses sistemas. A declividade é expressa em percentual, sendo classificados da seguinte forma:

- Plano: declives menores que 3%;
- Suave ondulado: declives suaves entre 3% e 8%;
- Ondulado: declives acentuados entre 8% e 20%;
- Forte ondulado: declives fortes entre 20% e 45%;
- Montanhoso: declives fortes ou muito fortes entre 45% e 75%;
- Escarpado: declives muito fortes maiores que 75%.

As informações deste parâmetro para entrada no SiBCTI estão disponíveis na Descrição do Perfil na ficha pedagógica no campo.

2.4.14 Condutividade Hidráulica (K)

A condutividade hidráulica é um coeficiente que depende das propriedades do solo e da água, e expressam a quantidade de água que passa por uma área específica do solo em um determinado período de tempo, em decorrência de uma diferença de potencial. Isso implica que a condutividade é um parâmetro que indica a facilidade com que o fluido, neste caso a água, se desloca através do meio poroso, ou seja, o solo.

Essa estimativa é fundamental para estudos de degradação ambiental, de planejamento de uso do solo, de investigação de processos erosivos e geotécnicos, irrigação, drenagem, entre outros.

A condutividade hidráulica pode ser classificada em muito lenta (menor que 0,4 cm h⁻¹), lenta (entre 0,4 e 2 cm h⁻¹), moderada (entre 2 e 8 cm h⁻¹), rápida (entre 8 e 12 cm h⁻¹) e muito rápida (maior que 12 cm h⁻¹). Os dados deste parâmetro deverão ser expressos em cm h⁻¹ e para três camadas: 0-60, 60-120, e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra.

As informações para o preenchimento desse parâmetro no software, foram obtidas através do relatório técnico intitulado como “Zoneamento Pedoclimático da

Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba” (ZON-PB).

2.4.15 Velocidade de Infiltração Básica - (I)

A infiltração da água no solo é um processo que se refere à entrada ou absorção de água pela superfície do solo. No ponto em que essa taxa de infiltração atinge um valor constante, tem-se o valor da velocidade de infiltração básica.

Existem diversos métodos disponíveis para determinar a velocidade de infiltração de água no solo em campo, sendo o método do infiltrômetro de duplo anel concêntrico o mais comum a ser utilizado no Brasil para a determinação da Taxa Básica de Infiltração (VIB).

Esse é um parâmetro crucial na irrigação, drenagem e nas práticas de conservação do solo. A taxa de infiltração básica (VIB) desempenha um papel fundamental, determinando o tempo necessário para que uma quantidade específica de água seja incorporada pelo solo e é fundamental para a escolha do sistema de irrigação mais adequado.

As informações para o preenchimento desse parâmetro no software, foram obtidas através do relatório técnico intitulado como “Zoneamento Pedoclimático da Área de Influência do Canal das Vertentes Litorâneas da Paraíba” (ZON-PB).

2.4.16 Profundidade da Zona de Redução (W)

A profundidade da zona de redução é uma variável que tem como um de seus principais indutores a variação da altura do lençol freático e pode ser definida como sendo a superfície superior de uma zona de saturação de água subterrânea, que não é confinada por uma formação impermeável sobrejacente. Esse é um parâmetro que pode afetar negativamente produções agrícolas, e quanto mais próximas da superfície do solo, mais prejudicial é para a maioria das plantas cultivadas.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (5ª Ed., 2018), o atributo diagnóstico nos solos que possibilita identificar a presença dessa zona de redução é o caráter redóxico, o qual induz a ocorrência de processos de redução e oxidação, acompanhados pela segregação de ferro e/ou manganês, manifestando-se na forma de cores mosqueadas e/ou variegadas.

As informações referentes a este parâmetro de entrada no SiBCTI estão disponíveis de maneira indireta nas tabelas derivadas do levantamento pedológico, observando as informações sobre a drenagem no perfil do solo, presença de mosqueados ao longo do perfil, transições abruptas entre os horizontes, considerando a possível presença de uma camada semipermeável no solo e analisando a consistência do solo em estados secos, úmidos e molhados.

2.4.17 Pedregosidade (P)

A pedregosidade refere-se à presença de calhaus e matacões na superfície e/ou massa do solo, tem impactos significativos. Ela reduz o volume explorável pelas raízes, podendo aumentar os custos de projetos de irrigação devido à necessidade de remoção das pedras, além de também influenciar a uniformidade da aplicação da lâmina d'água.

A pedregosidade é comumente encontrada em solos pouco intemperizados ou erodidos, como os Luvisolos crômicos no semiárido, sendo que os custos para superar esse desafio já estão incorporados no sistema e, embora seja uma variável contornável, seu efeito varia com a intensidade, afetando de maneira diferenciada as culturas, especialmente aquelas que demandam preparo frequente do solo, como as culturas anuais.

No levantamento pedológico a pedregosidade está descrita nas seguintes classes:

- Não pedregosa: Ausência ou ocorrência insignificante de calhaus e matacões, não interferindo na aração do solo, ou sendo facilmente removíveis.
- Ligeiramente pedregosa: Calhaus e matacões esparsamente distribuídos, ocupando menos de 1% da massa do solo ou da superfície do terreno, podendo permitir cultivos entre as pedras.
- Moderadamente pedregosa: Ocorrência de calhaus e matacões ocupando de 1 a 3% da massa do solo ou da superfície do terreno, dificultando o uso de maquinário agrícola convencional, mas podendo ser utilizada para cultivos perenes ou plantios florestais.

- Pedregosa: Calhaus e matacões ocupando de 3 a 15% da massa do solo ou da superfície do terreno, tornando inviável o uso de maquinário agrícola convencional, mas viável para áreas de extrativismo florestal e plantio de espécies nativas.
- Muito pedregosa: Calhaus e matacões ocupando de 15 a 50% da massa do solo ou da superfície do terreno, tornando inviável o uso de qualquer tipo de maquinaria ou implemento agrícola manual, sendo adequada apenas para florestas nativas e preservação da fauna e flora.
- Extremamente pedregosa: Calhaus e matacões ocupando de 50 a 90% da superfície do terreno, caracterizando áreas de preservação da fauna e flora. Quando essa proporção ultrapassa 90%, o solo é considerado como um tipo de terreno.

2.4.18 Rochosidade (R)

A rochosidade diz respeito à proporção relativa de exposição de rochas do embasamento na superfície do solo, incluindo afloramentos, camadas finas de solo sobre rochas ou a presença significativa de matacões com mais de 100 cm de diâmetro. Esse fenômeno reduz o volume explorável pelas raízes e interfere no uso de implementos agrícolas, especialmente na irrigação de superfície, dificultando a uniformidade da lâmina d'água aplicada. Trata-se de uma variável incontornável que, dependendo da intensidade, pode inviabilizar culturas anuais e aquelas exploráveis por irrigação por sulcos.

A rochosidade está descrita no levantamento pedológico nas seguintes classes:

- Não rochosa: não há afloramentos ou matacões significativos que interfiram na aração do solo (ocupação inferior a 2% da superfície).
- Ligeiramente rochosa: existem afloramentos que podem interferir na aração, mas ainda permitem o cultivo entre as rochas (ocupação entre 2% e 10% da superfície).
- Moderadamente rochosa: afloramentos suficientes para restringir cultivos entre as rochas, mas possibilitam o uso de máquinas especiais e implementos

agrícolas manuais, permitindo o cultivo de lavouras perenes ou plantios florestais, forrageiras ou pastagens melhoradas (ocupação entre 10% e 25% da superfície).

- Rochosa: afloramentos suficientes para inviabilizar a mecanização, tornando o solo adequado para o extrativismo florestal com plantio de espécies nativas e preservação da flora e fauna (ocupação entre 25% e 50% da superfície).
- Muito rochosa: afloramentos que cobrem a maior parte da superfície do terreno (entre 50% e 90%), tornando totalmente inviável a mecanização, indicando aptidão para florestas nativas e conservação ambiental.
- Extremamente rochosa: afloramentos e matacões ocupam mais de 90% da superfície, sendo esses solos considerados tipos de terrenos.

2.5 Parâmetros do sistema relacionados à qualidade e custo de captação de água para irrigação

O SiBCTI requer apenas a solicitação de cinco parâmetros para análise da qualidade da água em seus sistemas de irrigação programados (aspersão, localizada e superfície): condutividade elétrica (e), razão de adsorção de sódio - RAS (s), boro (b), ferro (f) e cloreto (c). No entanto, é crucial que também sejam avaliados outros parâmetros importantes da qualidade da água para a irrigação. Isso é especialmente relevante se o método de irrigação escolhido for mais suscetível a entupimentos.

Além desses, existem dois dados que também são requeridos no sistema de classificação como parâmetros de entrada relacionados à qualidade e custo de captação de água para irrigação e são fundamentais para calcular os custos e a viabilidade financeira da implantação das terras a serem irrigadas. São eles: Diferença de Cota de Captação (h) e Distância de Captação D'água (d).

O Projeto Potiguara viabiliza uma avaliação preliminar na fase de pré-projeto, não levando em consideração os parâmetros relacionados à qualidade e/ou o custo da captação de água para irrigação. Portanto, para esses parâmetros, foram atribuídos valores no sistema que não fossem considerados limitantes.

2.6 Definições das Classes de Terra para Irrigação

A metodologia adotada pelo SiBCTI (AMARAL, 2011) estabelece seis classes de terras para irrigação. São elas:

- Classe 1: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta a mais alta produtividade sustentável e baixo custo de produção. É considerada a situação de referência em relação às demais classes.

- Classe 2: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 90% da situação de referência.

- Classe 3: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 75% da situação de referência.

- Classe 4: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 50% da situação de referência.

- Classe 5: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 25% da situação de referência. São terras que requerem estudos complementares para avaliação de seu aproveitamento sustentável sob irrigação.

- Classe 6: terra que, mesmo explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais

fatores que implicam em uma produção não sustentável e/ou gravosa, correspondendo a uma produtividade média equivalente a 10% da situação de referência.

2.7 Representação das classes de terra para irrigação

A metodologia do SiBCTI (AMARAL, 2011) foi desenvolvida com base na abordagem do BUREC (CARTER, 2002). No entanto, no que se refere à expressão da classe de terra para irrigação, as duas metodologias apresentam abordagens completamente distintas. Enquanto a classificação de BUREC representa a classe por uma fórmula alfanumérica complexa, que envolve numerador, denominador e caracteres explicativos à direita da fórmula, o SiBCTI simplificou todo o processo em uma fórmula alfanumérica com apenas quatro caracteres, por exemplo: m3Vc

em que:

m = parâmetro relacionado ao retorno econômico esperado; 3 = parâmetro que determina a classe e refere-se ao parâmetro mais limitante; V = representa o parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com maior importância na definição da classe. Pode ser um parâmetro relacionado ao solo (letra maiúscula e vermelha) ou relacionado a água (letra minúscula e azul); f = representa o segundo parâmetro com maior grau de limitação. Pode estar relacionado solo (letra maiúscula e vermelha) ou relacionado a água (letra minúscula e azul).

Além disso, vale destacar que para interpretação dos códigos alfanuméricos que representam a classe de terra, adotou-se o conceito da “Lei de Liebig”, também conhecida como “Lei do Mínimo” (MORAES, 1947), ou seja, definiu-se que o fator mais limitante definiria a classe.

É importante ressaltar que, o projeto é inicialmente focado apenas na localidade e nos parâmetros de entrada relacionados ao solo, não focando nos parâmetros de entrada relacionados à água, assim como o custo de desenvolvimento.

2.8 Inserção de dados no software do SiBCTI

Como já foi mencionado anteriormente, a entrada de dados no software do SiBCTI é feita por camadas do solo. Além disso, o software também requer a

especificação do sistema de irrigação e cultura escolhida. Após o preenchimento dos demais dados de entrada, o usuário seleciona a opção "classificação" e, em seguida, escolhe entre "tipo de sistema" ou "geral". Se a opção for por "tipo de sistema", terá que selecionar o sistema de irrigação (localizado, aspersão, superfície) e, em seguida, a cultura. Após essas configurações, basta clicar no botão "classificar", e o sistema apresenta o resultado com a classe de terra e seus fatores mais limitantes.

2.9 Método de avaliação do potencial de terras para irrigação

Para avaliar a aptidão global das terras para irrigação, são necessárias três etapas. A primeira consiste na classificação para cada perfil de solo presente na área. Nessa etapa, os dados são inseridos no software do SiBCTI (AMARAL, 2011) para determinar a classe de terra de cada um dos perfis. Na segunda etapa, as classes de terra são alocadas para cada um dos componentes da Unidade de Mapeamento (UM). Por fim, na terceira etapa o potencial global de terras dá UM é obtido somando as aptidões das classes de terras contidas nela. Esse procedimento foi adotado para avaliar o potencial, de forma individual, de cada uma das 18 UMs que compõem o mapa de solos deste estudo.

Para determinar o potencial global de cada Unidade de Mapeamento, ou seja, a soma das aptidões de seus componentes, e possibilitar sua representação cartográfica, são necessários aplicar regras de decisão. Sendo assim, os potenciais de terras para irrigação foram categorizados em cinco classes: (1) muito alto; (2) alto; (3) médio; (4) baixo; e (5) muito baixo. As regras para determinação do potencial e classificação em uma das cinco categorias podem ser observadas na quadro 1.

Quadro 1. Classes de Potenciais de Terras para Irrigação e legenda de cor RGB.

Classe de Potencial	Descrição	Legenda de Cor (RGB)
Muito alto	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 \geq 75%.	R = 38 G = 115 B = 0
Alto	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 \geq 50% e <75%.	R = 152 G = 230 B = 0
Médio	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 + classe 3 \geq 40%.	R = 255 G = 170 B = 0
Baixo	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo as condições: classe 1 + classe 2 + classe 3 \geq 20 % e <40%; ou classe 4 \geq 50%.	R = 255 G = 255 B = 115
Muito baixo	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: ausência das classes 1, 2 e 3; e classe 4 <50%.	R = 204 G = 204 B = 204

Fonte: Embrapa, 2020.

Após a obtenção de todos os dados referentes às classes e potenciais das Unidades de Mapeamento do solo, é realizado um “join” entre a planilha contendo os dados, no formato *.csv, e a tabela de atributos da camada que representa o mapa de solos no Qgis, no formato *.shp, com o objetivo de tornar possível a visualização de todos os dados obtidos na representação cartográfica.

3. Resultados e Discussões

3.1 Distribuição dos Solos Potiguara

Levando-se em consideração o último levantamento de solos realizado no território indígena potiguara, os aproximadamente 212 km² de extensão territorial estão divididos majoritariamente entre as classes dos Argissolos (61%), Espodossolos (24%), Gleissolos (5%), Neossolos (5%) e solos de mangue (4%).

Ao avaliar os dados da tabela 2, percebe-se que os espodossolos aparecem com maior frequência nas unidades de mapeamento, porém, sua área de ocupação é consideravelmente menor que a superfície ocupada pelos argissolos, estando

presente em menos de $\frac{1}{5}$ dos solos da reserva. Os argissolos ocupam uma área de aproximadamente 129 km², enquanto que a área ocupada por espodossolos é em torno de 50 km².

Tabela 2. Frequência de solos no território Potiguara.

Classes de Solo	Frequência	Área (Km²)	Área (%)
Argissolos	21	129	61
Espodossolos	27	50	24
Gleissolos	6	11	5
Neossolos	3	11	5
Mangue	9	8	4

3.2 Principais características dos Solos

Analisando detalhadamente a descrição das análises dos perfis obtidos, observou-se que os solos possuem grupamento textural predominantemente arenoso ou médio/arenoso, o que justifica a escolha do sistema de irrigação localizado para a determinação das classes de terra. Também foram observados, com menor frequência, perfis com textura média/argilosa, esses associados a terras com problemas de infiltração e drenagem da água.

Os solos da região são, de modo geral, distróficos. Possuem baixa fertilidade natural, apresentando solos levemente ácidos, com pH em água variando entre 4,5 e 5,7, baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC), além de teores significativos de Alumínio tóxico às culturas. Varghese et al.(2021), afirmaram que o cultivo nestes solos é extremamente desafiador, pois está associado a toxicidades metálicas, a saber, alumínio (Al) e ferro (Fe²⁺), sendo responsável por uma redução considerável no rendimento das culturas.

No entanto, é importante destacar que, embora os perfis analisados apresentassem teores de Alumínio Trocável, suas quantidades (em média 0,4 cmol_c kg⁻¹) não foram consideradas suficientes para tornar o parâmetro como mais limitante para o cultivo do milho na área em questão, não o inserindo na classe final. Outro fator

a ser considerado, é a relevância que os outros parâmetros limitantes tiveram em relação às condições gerais apresentadas no solo avaliado.

3.3 Principais parâmetros limitantes

Entre as classes identificadas, incluem-se as classes 3, 4, 5 e 6, sendo esta última classificada exclusivamente para as regiões com solos de mangue (SM).

Todos os fatores limitantes classificados estão relacionados aos parâmetros do solo. Dentre os de maior ocorrência, destacam-se: Classe textural (V); Velocidade de Infiltração (I); Profundidade da zona de redução (W); Ca+Mg (Y); Topografia/Declividade (G); Pedregosidade (P); Espaçamento entre Drenos (D); Profundidade (Z) e a Condutividade Elétrica (E).

A classe textural (V), predominantemente arenosa e média arenosa, foi o principal fator limitante na maioria das terras classificadas. Essa característica promove solos com uma boa drenagem, devido ao seu percentual acentuado de poros de infiltração (macroporos), que por sua vez facilita a penetração de água no solo e o relaciona diretamente com a sua alta velocidade de infiltração de água (I). No entanto, o problema está associado a menor capacidade de retenção que esses solos possuem, o que pode influenciar negativamente devido a alta probabilidade de ocorrer perda de nutrientes por lixiviação, reforçando o que apresentaram Unkovich et al. (2020), onde os autores discutiram as dificuldades do cultivo em solos arenosos, incluindo repelência à água, umidade irregular do solo, acesso deficiente a nutrientes e crescimento limitado das raízes.

A profundidade da zona de redução (W) das terras classificadas foi outro parâmetro limitante encontrado, principalmente nos solos de mangue e gleissolos. Terras com esse fator limitante são caracterizadas por uma coloração acinzentada, presença de mosqueado e plintita, e estão associados à uma variação do lençol freático, que em decorrência da elevação da sua zona de redução para uma região mais próxima da superfície do solo, acaba dificultando a infiltração da água e, como consequência, gerando maior impacto na produtividade da maioria das culturas.

A profundidade efetiva (Z), corresponde a espessura do solo que se apresenta

sem impedimento à livre penetração do sistema radicular da planta, ou seja, quanto maior a profundidade efetiva do solo, melhores são suas condições para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas. Nesse caso especificamente, a frequência deste parâmetro limitante nas classes determinadas, pode estar associada, principalmente aos solos da região que possuem zona de redução próxima a superfície e aos solos que apresentam fertilidade natural baixa, destacando-se os baixos teores de Ca+Mg (Y).

As restrições provenientes da pedregosidade (P) e da topografia (G) foram menos frequentes. No entanto, esses parâmetros podem significar desafios no que diz respeito ao preparo do solo, plantio e manejo, além de aumentar o risco de exposição do solo. Esse risco é potencializado durante eventos de chuvas intensas, principalmente quando está associado a solos com velocidade de infiltração de água lenta, podendo resultar em ocorrência de escoamento superficial e demais problemas erosivos, além de consequentes perdas de solo e nutrientes, reafirmando o que Shuxia Yu et al. (2023) mencionaram ao discutirem os problemas de baixa produtividade e severa erosão causados pela implementação de culturas em áreas íngremes. As áreas com esse parâmetro limitante foram consideradas classe 5.

O espaçamento entre drenos (D) foi um parâmetro que esteve presente apenas nas unidades de mapeamento contendo a classe dos gleissolos, o qual apresentam más condições de drenagem e, portanto, necessitam de menor espaçamento entre drenos, resultando em maior necessidade de gastos com mão de obra. Isso poderia encarecer o projeto de irrigação ao ponto de torná-lo inviável economicamente. Os solos contendo o espaçamento entre drenos como principal parâmetro foram considerados classe 5.

É importante ressaltar que, como o aparecimento da CE está associado apenas aos solos de mangue, este foi um parâmetro considerado limitante especificamente e apenas nesses tipos de solos (única área classe 6). Portanto, por se tratarem de Áreas de Preservação Permanente (APP), que são protegidas por lei, sua classificação não pode ser considerada para atividades agrícolas.

3.4 Potencial de Terras para Irrigação

Foram avaliados o potencial de terras para irrigação de 18 unidades de

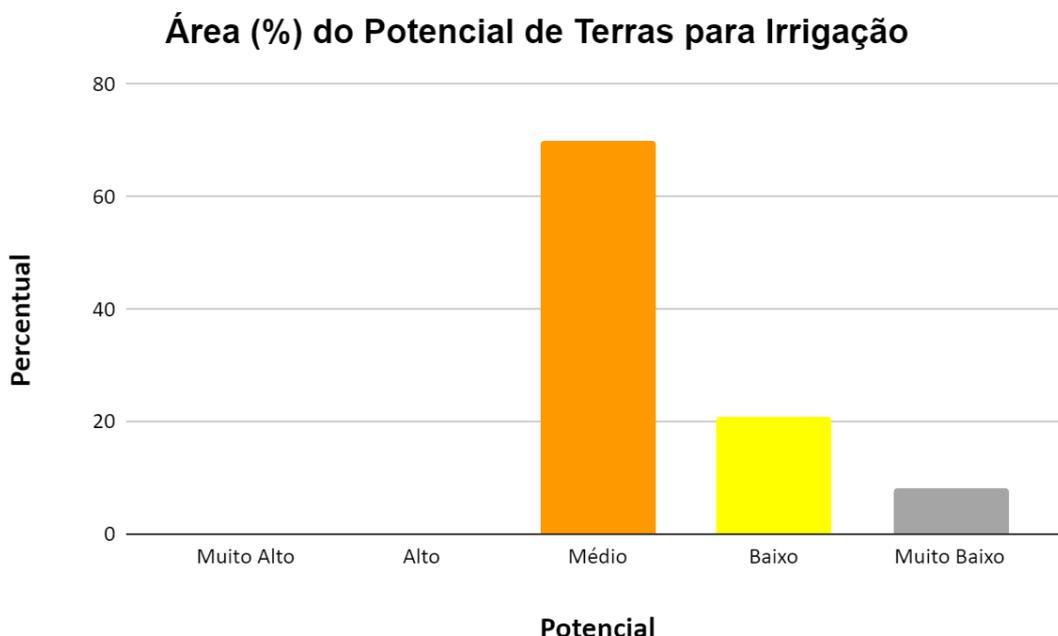
mapeamento delimitadas no território Potiguara, ao qual todas foram classificadas apenas com potenciais médio, baixo ou muito baixo. As classes de potenciais obtidas foram avaliadas especificamente para a cultura do milho com sistema de irrigação localizado.

Vale ressaltar que, as áreas correspondentes aos recursos hídricos, assim como áreas urbanas representam um total de aproximadamente 10 Km², porém, essas áreas foram desconsideradas na apresentação dos resultados em tabelas e gráficos. As informações do potencial estão sintetizadas, em termos de extensão territorial, na tabela 3 e no gráfico 1.

Tabela 3. Potencial de acordo com a extensão territorial.

Potencial	Área (Km ²)	Área (%)
Muito Alto	0	0
Alto	0	0
Médio	147	70,67
Baixo	44	21,15
Muito Baixo	17	8,17

Figura 2. Percentual representativo dos potenciais no território Potiguara



3.5 Áreas de terras com potencial médio

As áreas com potencial médio para a cultura do milho abrangem uma extensão territorial de aproximadamente 147 km², o que representa cerca de 70,67% da região em questão. Essas terras encontram-se distribuídas em extensas manchas que englobam praticamente toda a região Potiguara. No entanto, é possível observar uma concentração predominante nos municípios da Baía da Traição e Marcação, enquanto que uma presença mais discreta é observada no município do Rio Tinto.

É válido ressaltar que todas as classes de solo, até o 1º nível categórico, estão presentes no contexto das terras consideradas como potencial médio para a cultura do milho, evidenciando a diversidade edáfica nesse contexto. Essa representatividade abrange todas as unidades de mapeamento, com exceção das áreas de preservação, que são majoritariamente constituídas por solos de mangue.

A totalidade do território que contém terras com potencial médio para irrigação foi considerada como classe 3, apresentando uma interação diversa entre os parâmetros que influenciam diretamente na viabilidade e eficácia das práticas agrícolas. Dentre os parâmetros predominantes, destacam-se os teores de cálcio e

magnésio (Ca+Mg), a velocidade de infiltração de água no solo, a classe textural, a zona de redução e a profundidade efetiva do solo

3.6 Áreas de terras com potencial baixo

As terras que apresentam potencial baixo para o cultivo de milho, da mesma forma que aquelas classificadas como potencial médio, se estendem por toda a extensão territorial da área sob análise. Contudo, é perceptível uma predominância notável nas porções extremo norte, concentrada na região da Baía da Traição, e nas porções extremo leste, representadas pela área de Rio Tinto.

As áreas caracterizadas com potencial baixo para o cultivo abrangem uma extensão territorial de cerca de 44 km², correspondendo a aproximadamente 21,15% de toda a área total em análise. Vale ressaltar que, dentre as diferentes classes de solo analisadas no estudo, apenas os Argissolos e Espodossolos se configuraram como tipos de solo presentes nas terras classificadas com esse potencial baixo..

Além disso, é possível notar que, embora as terras com potencial baixo estejam dispersas por toda a extensão do território Potiguara, existe uma notável concentração dessas áreas nas proximidades de cursos d'água, com destaque especial para a região central do território. A presença significativa dessas áreas em locais próximos a cursos d'água sugere uma influência direta da água na formação dos solos dessa área, o que influenciou diretamente na classificação do potencial obtido.

Ao analisar os principais parâmetros limitantes dessas áreas de potencial baixo, observam-se fatores cruciais que impactam negativamente na sua aptidão para a agricultura. Dentre eles, destacam-se a pedregosidade, a declividade, os teores de Ca+Mg, a classe textural, a zona de redução e a profundidade efetiva.

3.7 Áreas de terras com potencial muito baixo

Em relação a este potencial, as terras ocupam a menor extensão, totalizando apenas 17 km², correspondendo a aproximadamente 8,17% da área total submetida à avaliação. Cabe salientar que as terras classificadas com potencial muito baixo foram identificadas predominantemente na região litoral. No entanto, também foram observadas áreas de potencial muito baixo em parcelas menores no extremo sul e norte da área.

As classes de solo que se destacaram nas terras com classe muito baixo foram os Gleissolos, Argissolos e, principalmente, os solos de mangue. Os Gleissolos com este potencial ocuparam uma área aproximadamente de 3,32 km², os argissolos uma extensão em torno de 5,78 km², enquanto que os solos de mangue, por sua vez, ocuparam uma área considerável de 8,31 km².

Devido à presença de desafios relacionados à infiltração e drenagem da água, a profundidade da zona de redução se configura como o principal parâmetro limitante nestas terras. A complexidade desses solos reflete-se na necessidade de estratégias de manejo específicas para otimizar o aproveitamento agrícola, considerando as particularidades das terras com esse potencial.

Além disso, é importante ressaltar a condutividade elétrica como parâmetro que também foi muito frequente. Nesse contexto, especificamente, a CE apareceu apenas nos solos de mangue. Essa característica está intrinsecamente ligada aos altos teores de sais dissolvidos presentes nesse tipo de solo, o que resultou em sua classificação mais desfavorável, atribuindo-lhes a classe (m6WE).

3. Considerações finais

Este estudo ajudou a fornecer importantes informações que abrangem as características do solo presente no território Potiguara, assim como suas classes e potenciais relacionados às suas condições de uso mais adequadas. Através da interação, por meio do software do (SIBCTI), entre os dados obtidos em campo e no laboratório, foi possível identificar os principais parâmetros limitantes para a cultura do milho sob as condições previamente estabelecidas.

Os parâmetros físicos foram os fatores limitantes mais recorrentes, destacando-se a classe textural, a velocidade de infiltração de água no solo, a profundidade da zona de redução e, com menor frequência, a pedregosidade e a declividade da área. Os problemas químicos estavam limitados às baixas taxas de Ca+Mg, sendo mais frequentes nos argissolos e neossolos.

O potencial médio para irrigação foi predominante, apresentando um percentual maior que 70% em todo o território Potiguara. Estes ambientes são normalmente muito

heterogêneos, com recorrência das classes 3, 4, 5 e 6 de aptidão para irrigação. Sob esse contexto, observam-se solos com diversas limitações físicas e/ou químicas, o que pode resultar em um potencial de dificultar ou até mesmo inviabilizar as práticas de manejo irrigado nestas terras.

As terras avaliadas com potencial baixo ou muito baixo somaram em torno de 29% de todas as áreas. Esses ambientes são os menos recomendados para a inserção de culturas agrícolas irrigadas, principalmente o milho, uma vez que essas terras alcançaram as piores classes, estando associadas a problemas físicos diretamente relacionados ao crescimento saudável do sistema radicular da cultura e à infiltração de água prejudicada.

Desse modo, pode-se concluir que, a base de dados integradas obtidas por meio do estudo do potencial de terras para irrigação no território Potiguara, específico para a cultura do milho, é imprescindível, pois possibilita a compreensão, de modo geral, das principais características presentes no solo do ambiente em questão, dando destaque às suas potencialidades e limitações. Tais informações são necessárias para o planejamento de produções agrícolas, tomada de decisões mais assertivas e, conseqüentemente, aumento da produtividade e crescimento sustentável dos povos da região.

Referências

AMARAL, F. C. S. do (ed.). Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 164 p.

AMARAL, F. C. S.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; BHERING, S. B.

CARTER, V. H. Classificação de terras para irrigação. Brasília, DF: Bureau of Reclamation, 2002. 143 p.

Edna, Mary, Varghese., Baban, Preet, Kour., S., Ramya., N.Sunil, Kumar., M., S., Jisha., Balasubramanian, Ramakrishnan. (2021). Rhizosphere microbe-mediated alleviation of aluminum and iron toxicity in acidic soils. doi: 10.1016/b978-0-323-89973-4.00003-x.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FIGUEIRA, Isabela Andrade. Zoneamento da Terra Indígena Potiguara: levantamento de solos de alta intensidade, aptidão de terras para irrigação e água disponível. 2023. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

Manual dos métodos de análise de solo e água em laboratório e campo para obtenção dos parâmetros requeridos pelo SiBCTI / Silvio Roberto de Lucena Tavares ... [et al.], editores técnicos. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2021. (148 p.) – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 228).

Murray, Unkovich., Therese, M., McBeath., Rick, Llewellyn., James, Hall., Vadakattu, V., S., R., Gupta., Lynne, M., Macdonald. (2020). Challenges and opportunities for grain farming on sandy soils of semi-arid south and south-eastern Australia. Soil Research, 58(4):323-334. doi: 10.1071/SR19161.

Potencial das terras do Projeto Jequitai (MG) para o cultivo de cana-de-açúcar sob três sistemas de irrigação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 27 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 242).

Potencial de Terras para Irrigação/ DE ARAÚJO FILHO, J. C. [et al.]. – Recife : Embrapa Solos, 2020. PDF (80 p.) – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 25100.16/0122-0).

SANTOS, J. C. P; ARAÚJO FILHO, J.C. (ed.). Avaliação detalhada do potencial de terras para irrigação nas áreas de reassentamento de colonos do projeto Jusante - área 3, Glória, BA. Recife: Embrapa Solos, 2008. 111 p.

Shuxia, Yu., Zhen, Wang., Dan, H., Shugar. (2023). Socioecological Predicament on Global Steeply Sloped Cropland. *Earth's Future*, 11(3) doi: 10.1029/2022ef003165.

Valores e critérios estabelecidos dos parâmetros relacionados ao solo e à qualidade e custo de captação da água para irrigação utilizados no SiBCTI / TAVARES, S. R. de L.; AMARAL, F. C. S. do; BOTELHO, F. P.; RODRIGUES, N. F.[et al.]. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2021. PDF (114 p.) – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 227).

APÊNDICES

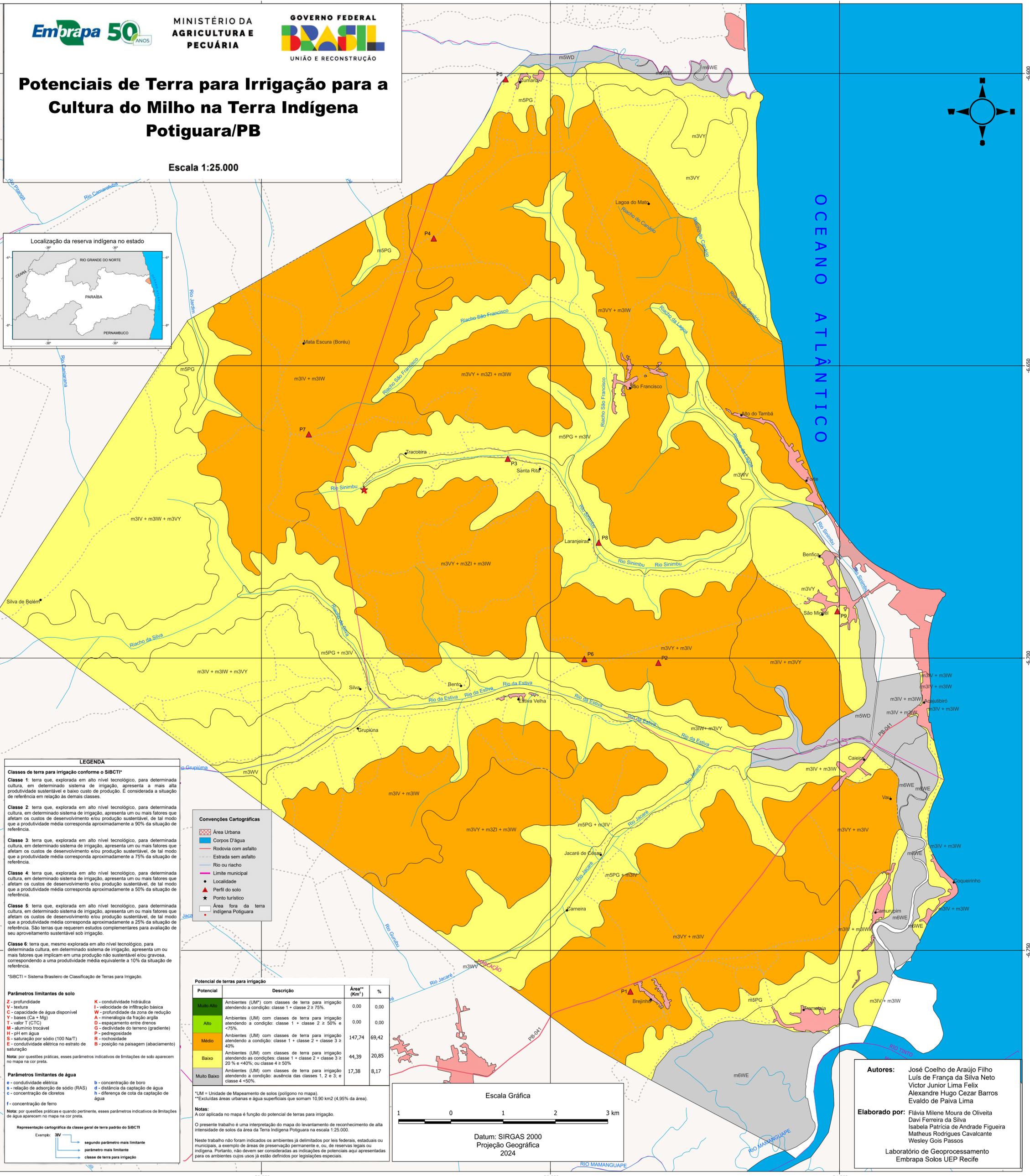
Unidade de mapeamento	Proporção de componentes	Classe de terra	Potencial para irrigação (milho)	Area (Km²)
PAd7	80+20	m5PG + m3IV	Baixo	16,9627
PAd7	80+20	m5PG + m3IV	Baixo	13,5644
PAd7	80+20	m5PG + m3IV	Baixo	9,72672
PAd7	80+20	m5PG + m3IV	Baixo	4,13776
RQo2	100	m3VY	Medio	5,55078
RQo2	100	m3VY	Medio	3,29862
RQo1	100	m3VY	Medio	2,51476
PAd5	60+40	m3VY + m3IV	Medio	4,43703
PAd4	80+20	m3VY + m3IV	Medio	15,474
PAd3	60+20+20	m3VY + m3ZI + m3IV	Medio	12,2906
PAd3	60+20+20	m3VY + m3ZI + m3IV	Medio	7,81434
PAd3	60+20+20	m3VY + m3ZI + m3IV	Medio	5,3396
PAd2	60+40	m3VY + m3IV	Medio	7,13044
PAd1	80+20	m3VY + m3IV	Medio	26,3072
GXvd	100	m5WD	Medio	0,51599
GXbd2	70+30	m3WV	Medio	4,43913
GXbd2	70+30	m3WV	Medio	2,13471
GXbd2	70+30	m3WV	Medio	0,22256
GXbd2	70+30	m3WV	Medio	0,00197
EKu2	60+40	m3IV + m3VY	Medio	4,18318
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	1,78748
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	1,07344
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,59466
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,34463
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,01645
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,01001
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,0057
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,00537
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,0035
EKu1	60+40	m3IV + m3IV	Medio	0,00121

EKo2	40+35+25	m3IV + m3W + m3VY	Medio	11,5324
EKo2	40+35+25	m3IV + m3W + m3VY	Medio	6,10204
EKo1	30+30+40	m3IV + m3W	Medio	16,9947
EKo1	30+30+40	m3IV + m3W	Medio	7,04152
EKg	80+20	m3W+ m3VY	Medio	0,57235
SM	100	m6WE	Muito baixo	5,02743
SM	100	m6WE	Muito baixo	1,0719
SM	100	m6WE	Muito baixo	0,72325
SM	100	m6WE	Muito baixo	0,54024
SM	100	m6WE	Muito baixo	0,53059
SM	100	m6WE	Muito baixo	0,3306
SM	100	m6WE	Muito baixo	0,05321
SM	100	m6WE	Muito baixo	0,03718
PAd6	100	m5PG	Muito baixo	2,11507
PAd6	100	m5PG	Muito baixo	1,76908
PAd6	100	m5PG	Muito baixo	1,3789
PAd6	100	m5PG	Muito baixo	0,48342
GXbd1	100	m5WD	Muito baixo	3,32656
Água				0,66201
Água				0,06476
Água				0,06476
Área Urbana				2,5
Total				212,811

Apêndice 1. Atributos das unidades de mapeamento de solos, classes de terra e o respectivo potencial para irrigação (milho).

Potenciais de Terra para Irrigação para a Cultura do Milho na Terra Indígena Potiguará/PB

Escala 1:25.000



LEGENDA

Classes de terra para irrigação conforme o SIBCTI*

Classe 1: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta a mais alta produtividade sustentável e baixo custo de produção. É considerada a situação de referência em relação às demais classes.

Classe 2: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 90% da situação de referência.

Classe 3: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 75% da situação de referência.

Classe 4: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 50% da situação de referência.

Classe 5: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 25% da situação de referência. São terras que requerem estudos complementares para avaliação de seu aproveitamento sustentável sob irrigação.

Classe 6: terra que, mesmo explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que implicam em uma produção não sustentável e/ou gravosa, correspondendo a uma produtividade média equivalente a 10% da situação de referência.

*SIBCTI = Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação.

Parâmetros limitantes de solo

Z - profundidade
V - textura
C - capacidade de água disponível
Y - bases (Ca + Mg)
T - valor T (CTC)
M - alumínio trocável
H - pH em água
S - saturação por sódio (100 Na/T)
E - condutividade elétrica no estrato de saturação

Parâmetros limitantes de água

e - condutividade elétrica
s - relação de adsorção de sódio (RAS)
c - concentração de cloretos
f - concentração de ferro

Convenções Cartográficas

Área Urbana
Corpos D'água
Rodovia com asfalto
Estrada sem asfalto
Rio ou riacho
Limite municipal
Localidade
Perfil do solo
Ponto turístico
Área fora da terra indígena Potiguará

Notas:
A cor aplicada no mapa é função do potencial de terras para irrigação.
O presente trabalho é uma interpretação do mapa do levantamento de reconhecimento de alta intensidade de solos da área da Terra Indígena Potiguará na escala 1:25.000.

Exemplo: 3IV segundo parâmetro mais limitante parâmetro mais limitante classe de terra para irrigação

Potencial de terras para irrigação

Potencial	Descrição	Área** (Km²)	%
Muito Alto	Ambientes (UM*) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 ≥ 75%.	0,00	0,00
Alto	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 ≥ 50% e <75%.	0,00	0,00
Médio	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 + classe 3 ≥ 40%.	147,74	69,42
Baixo	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 + classe 3 ≥ 20% e <40%; ou classe 4 ≥ 50%.	44,39	20,85
Muito Baixo	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: ausência das classes 1, 2 e 3, e classe 4 <50%.	17,38	8,17

Escala Gráfica

Datum: SIRGAS 2000
Projeção Geográfica
2024

Autores: José Coelho de Araújo Filho
Luis de França da Silva Neto
Victor Junior Lima Felix
Alexandre Hugo Cezar Barros
Evaldo de Paiva Lima

Elaborado por: Flávia Milene Moura de Oliveira
Davi Ferreira da Silva
Isabela Patrícia de Andrade Figueira
Mathheus Rodrigues Cavalcante
Wesley Gois Passos

Laboratório de Geoprocessamento
Embrapa Solos UEP Recife