



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

ISABELA PATRÍCIA DE ANDRADE FIGUEIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO – ESO

**Zoneamento da Terra Indígena Potiguara: levantamento de solos de alta intensidade,
aptidão de terras para irrigação e água disponível.**

Recife

2023

ISABELA PATRÍCIA DE ANDRADE FIGUEIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO - ESO

**Zoneamento da Terra Indígena Potiguara: levantamento de solos de alta intensidade,
aptidão de terras para irrigação e água disponível.**

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

Orientador: Prof. Dr. Marcus Metri Correa

Supervisora: Flávia Milene M. de Oliveira

Recife

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F475z

Figueira, Isabela

Zoneamento da Terra Indígena Potiguara:: levantamento de solos de alta intensidade, aptidão de terras para irrigação e água disponível. / Isabela Figueira. - 2023.
56 f. : il.

Orientador: Marcus Metri Correa.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Agronomia, Recife, 2023.

1. Zoneamento. 2. Levantamento de Solos. 3. Potencial de Terras. 4. Água Disponível. 5. Geoprocessamento. I. Correa, Marcus Metri, orient. II. Título

CDD 630

FOLHA DE APROVAÇÃO

A Comissão de avaliação do Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO), intitulado **Zoneamento da Terra Indígena Potiguara: levantamento de solos de alta intensidade, aptidão de terras para irrigação e água disponível**, da discente Isabela Patrícia de Andrade Figueira, por satisfazer as exigências de conteúdo e carga horária.

Recife, 04 de setembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcus Metri Correa
Universidade Federal Rural de Pernambuco -UFRPE

Profª. Drª. Ralini Ferreira Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Aldo Torres Sales
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar meu profundo agradecimento ao meu esposo, Wellington, por estar ao meu lado durante esta jornada acadêmica, sou grata por sua presença e apoio ao longo deste processo, suas palavras de incentivo e encorajamento foram importantes para que eu pudesse enfrentar os obstáculos e seguir em frente com meus estudos. Sem você, eu jamais teria embarcado nessa jornada maluca chamada curso de Agronomia.

Aos meus colegas de turma, citando alguns nomes e cometendo a gafe de não mencionar todos, Arielena Rodrigues, Brennda Lethicia, Larissa Batista, Caroline Dias, Jackelyne Gomes (com k e y, se não ela briga comigo) e tantos outros, mas em especial ao José Fernandes e Luara Gomes, vocês merecem uma medalha por aturarem meus surtos diários, vocês estão presentes nas intermináveis discussões acadêmicas e até nas minhas crises existenciais, vocês sempre estiveram lá, dispostos a me ouvir e a oferecer um ombro (e um agrotóxico) amigo. Vocês são demais!

Acreditar no meu potencial, mesmo quando eu duvidava dele, foi fundamental para a conclusão deste trabalho, então não posso deixar de ser grata ao meu orientador e supervisora. Marcus, obrigada por me guiar com sabedoria, paciência e muita descontração. Flavia, uma geógrafa incrível – mãe e psicóloga dos estagiários nos tempos livres, até dos que não estão sob supervisão dela – suas orientações valiosas e sua visão geográfica acrescentaram uma perspectiva única ao meu estudo.

Não poderia faltar um agradecimento à equipe incrível da Embrapa Solos – UEP Recife, embora não tenha tido a oportunidade de vivenciar o campo com a Embrapa, vocês me acolheram calorosamente em um ambiente de trabalho fascinante. Matheus Cavalcante e Lucas Tenório, meus colegas de estágio, vocês tornaram os dias no laboratório mais divertidos do que um mapa recheado de pontos de coleta, obrigada por compartilharem as risadas e tornarem cada dia de trabalho uma aventura. Agradeço a todos os pesquisadores que me acolheram, compartilharam seu conhecimento e contribuíram para minha formação como profissional, em especial aos pesquisadores José Coelho, Alexandre Hugo e Evaldo Lima, essa vivência valiosa não apenas complementou minha experiência no laboratório de geoprocessamento, mas também moldou minha visão sobre a importância da pesquisa e da

colaboração científica para o avanço da ciência e para o desenvolvimento sustentável do setor agrícola. Que essa experiência de aprendizado além do laboratório de geoprocessamento sirva como inspiração para futuros estudantes e pesquisadores, mostrando-lhes que o conhecimento não tem limites e que a busca por aprendizado deve transcender as fronteiras estabelecidas, abrindo caminhos para a inovação e para a transformação do nosso meio. E logicamente, um agradecimento terno à Flavia Benevides, a responsável por deixar os estagiários menos surtados, obrigada Flavinha.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para minha formação e para a realização deste trabalho, que possamos colher os frutos dessa jornada acadêmica, sabendo que o campo da Agronomia é vasto, desafiador e cheio de oportunidades para semearmos o progresso.

"Para conseguir o que quer, você deve olhar além do que você vê."

- Rafiki ; O Rei Leão, 1994 -

Isabela Andrade.

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso aborda uma avaliação abrangente das características do solo e seu potencial de uso na região do território Indígena Potiguara. Utilizando dados cartográficos, análises laboratoriais e modelagem, foram elaborados mapas que destacam aspectos fundamentais para o manejo sustentável dessas terras. A distribuição de solos no território foi analisada, revelando a predominância de argissolos, seguidos por espodossolos, gleissolos, neossolos e solos de mangue. A análise de potencial de terras para irrigação identificou fatores limitantes como VIB, classe textural, profundidade da zona de redução e outros, que influenciam diretamente a produtividade agrícola. A estimativa da Água Disponível no solo foi realizada por meio de modelos de pedotransferência, resultando em um mapa que auxilia na escolha de culturas adequadas aos diferentes perfis de solo e optimiza o uso da água. Além disso, o trabalho integra a experiência do estágio realizado na Embrapa Solos, onde foram adquiridos conhecimentos práticos e enriquecedores relacionados à pesquisa em geoprocessamento, solos e recursos hídricos. O estudo fornece informações valiosas para o manejo sustentável das terras, promovendo a conservação do ambiente e a eficiência na produção agrícola.

Palavras-chave: solo, potencial de terras para irrigação, Água Disponível, manejo sustentável, território Indígena Potiguara, estágio, Embrapa Solos.

ABSTRACT

The present Final Course Work addresses a comprehensive assessment of soil characteristics and its potential use within the region of the Potiguara Indigenous territory. Utilizing cartographic data, laboratory analyses, and modeling, maps were created that highlight fundamental aspects for the sustainable management of these lands. The distribution of soils in the territory was analyzed, revealing the prevalence of argisols, followed by spodosols, gleisols, neosols, and mangrove soils. The analysis of land potential for irrigation identified limiting factors such as VIB, textural class, reduction zone depth, and others, which directly influence agricultural productivity. The estimation of Available Water in the soil was conducted through pedotransfer models, resulting in a map that assists in the selection of suitable crops for different soil profiles and optimizes water usage. Furthermore, the work integrates the experience gained from the internship at Embrapa Solos, where practical and enriching knowledge related to research in geoprocessing, soils, and water resources was acquired. The study provides valuable information for the sustainable management of the lands, promoting environmental conservation and agricultural efficiency.

Keywords: soil, land potential for irrigation, Available Water, sustainable management, Indígena Potiguara Indigenous territory, internship, Embrapa Solos.

Sumário

Introdução	11
1.1 Sobre o estágio.....	11
1.2 PronaSolos e Embrapa.....	12
2.Esto de caso: Projeto Potiguara.....	12
2.1 Terra Indígena Potiguara	13
2.2 Projeto Potiguara	15
3. Reconhecimento de Alta Intensidade de Solos	16
4. Metodologia.....	17
4.1 Planejamento e Prospecção	17
4.2 Unidades de Mapeamento - UM	17
4.3 Análises de solos	18
4.3 Critérios utilizados para a classificação e geocodificação das UMs.....	18
4.3.1 Atividade da fração argila	18
4.3.3 Saturação por sódio (PST)	19
4.3.4 Salinidade	20
4.3.5 Profundidade do contato lítico	20
4.3.6 Textura e espessura dos horizontes superficiais	20
4.3.7 Textura de horizontes superficiais dos solos arenoquartzosos	21
4.3.8 Mudança textural abrupta	21
4.3.9 Grupamento de classes texturais	21
4.3.10 Presença de cascalhos	22
4.3.11 Outros parâmetros	22
4.4 Geocodificação e Legenda de solos	22
4.5 Potencial de terras para irrigação	23
4.5.1 Parâmetros do sistema relacionados ao solo	23
4.5.1.1 Profundidade (Z)	24
4.5.1.2 Ca + Mg (Y)	24
4.5.1.3 Valor T (T)	25
4.5.1.4 pH do Solo medido em Água (H).....	25
4.5.1.5 Saturação por Sódio Trocável (S)	25
4.5.1.6 Alumínio Trocável (M)	25
4.5.1.7 Classe Textural (V).....	26

4.5.1.8 Capacidade de Água Disponível (C)	26
4.5.1.9 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (E).....	27
4.5.1.10 Mineralogia da argila (A)	27
4.5.1.11 Espaçamento entre drenos (D).....	27
4.5.1.12 Posição na Paisagem (B).....	28
4.5.1.13 Topografia - Declividade (G)	28
4.5.1.14 Condutividade Hidráulica (K)	29
4.5.1.15 Velocidade de Infiltração Básica - VIB (I).....	29
4.5.1.16 Profundidade da Zona de Redução (W)	30
4.5.1.17 Pedregosidade (P)	31
4.5.1.18 Rochosidade (R)	32
4.5.2 Parâmetros do sistema relacionados à qualidade e custo de captação de água para irrigação	33
4.6 Legenda do Potencial de Terras para Irrigação	34
4.7 Água Disponível.....	36
4.8 Vínculo de dados	38
5. Resultados	40
5.1 Solos.....	40
5.2 Potencial de Terras para Irrigação	41
5.3 Água Disponível.....	44
6. Conclusão.....	44
Referências	Erro! Indicador não definido.
APÊNDICES.....	48
APÊNDICE A:.....	48
APÊNDICE B:.....	51
APÊNDICE C:.....	52
APÊNDICE D:	53
ANEXOS	54
ANEXO A:	54
ANEXO B:	55
ANEXO C:	56
ANEXO D:	56
ANEXO E:.....	57

1. Introdução

Este relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) tem por objetivo descrever as atividades vivenciadas durante o período de vigência do Estágio Não Supervisionado (ENO), qual foi autorizado pelo orientador, Prof. Dr. Marcus Metri Correa - UFRPE, a utilização das atividades desempenhadas para defesa do ESO.

O presente contrato de estágio com o PronaSolos-Embrapa Solos, tendo como supervisora a Geografa e Analista em Geoprocessamento da Embrapa Solos – UEP Recife, Flávia Milene de Oliveira, se faz entre 01 de dezembro de 2022 a 09 de setembro de 2023, com 20h semanais, extrapolando as 210h requeridas pelo ESO.

1.1 Sobre o estágio

Realizado na Embrapa Solos - UEP Recife , o estágio teve atividades relativas a área de graduação, atuando como suporte e poio às atividades da Unidade no Laboratório de Geoprocessamento da UEP Recife em que competem as atividades de: interpretações dos zoneamentos agrícolas; elaboração de mapas temáticos solicitados pelos pesquisadores; cadastramento de dados e metadados na Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa, GeoInfo; elaboração de revisão bibliográfica sobre os temas relacionados quando necessário; processamento e análise de dados estatisticamente por meio de programas R e/ou linguagens de programação. Tais informações virão a servir para elaboração de produção técnico científica da UEP.

Durante o período em que estive lotada como estagiária no Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Solos, tive a oportunidade de vivenciar um ambiente de conhecimento e inovação, embora minha atuação estivesse focada nas atividades do laboratório, fui além das fronteiras das minhas atribuições em busca de conhecimento adicional junto aos pesquisadores envolvidos em projetos ativos, essa jornada além do laboratório proporcionou-me um valioso enriquecimento acadêmico e profissional, onde pude interagir com pesquisadores engajados em diversos projetos, como o de Água Disponível no solo, o Zoneamento de Barragens e o Canal do Sertão, apenas para citar alguns exemplos.

A colaboração com esses pesquisadores permitiu-me vislumbrar a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em sala de aula, bem como a compreensão das complexidades

e desafios enfrentados na pesquisa e no desenvolvimento de soluções inovadoras. Fui incentivada a participar de discussões, contribuir com ideias e aprender com a expertise acumulada por esses profissionais.

1.2 PronaSolos e Embrapa

O Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos (PronaSolos) é uma iniciativa do governo brasileiro que tem como objetivo realizar um diagnóstico detalhado da diversidade e distribuição dos solos no Brasil, contribuindo para o planejamento agrícola e a conservação do meio ambiente. Esse programa desempenha um papel crucial ao fornecer informações sobre as características edafoclimáticas do país, o que possibilita uma melhor compreensão dos recursos disponíveis para a agricultura e a adoção de práticas agronômicas adequadas.

A Embrapa, por sua vez, é uma instituição de referência no avanço da pesquisa de solos no Brasil, com estudos pioneiros e parcerias com outras instituições, onde vem desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento de pesquisas que envolvem a classificação, a fertilidade e a conservação dos solos em diferentes regiões do país. A importância da Embrapa na promoção da sustentabilidade da agricultura brasileira destaca o compromisso da instituição em promover a pesquisa, a inovação e a transferência de tecnologias relacionadas ao manejo e conservação dos solos.

A parceria entre o PronaSolos e a Embrapa se fortalece na medida em que ambas as entidades compartilham o objetivo comum de fornecer informações confiáveis sobre os solos brasileiros. Através dessa colaboração, são realizados levantamentos e estudos detalhados, envolvendo a caracterização, classificação e mapeamento dos solos em diferentes regiões do país, os resultados obtidos por meio dessa parceria são essenciais para a compreensão da diversidade dos solos brasileiros e para o desenvolvimento de estratégias de manejo adequadas.

2. Estudo de caso: Projeto Potiguara

Durante o período de estágio na Embrapa Solos, participei do projeto Potiguara, de autoria dos pesquisadores Flávio Marques e José Coelho, qual teve como objetivo o

levantamento de solos das Terras Indígenas Potiguara, para determinação de Aptidão de Terras para Irrigação e Água Disponível de acordo com as Unidades de Mapeamento, para arrecadamento de recursos para projeto de irrigação no território indígena.

2.1 Terra Indígena Potiguara

A Terra Indígena Potiguara está localizada ao norte da região litorânea do estado da Paraíba, delimitada pelo oceano Atlântico, no Nordeste do Brasil, abrangendo uma área de 210 Km², compreendendo parte dos municípios de Baía da Traição (99 Km²), Marcação (65 Km²), Rio Tinto (46 Km²) e Mataraca (0,07 Km²), sua localização privilegiada, entre o mar e a Mata Atlântica, contribui para sua importância tanto do ponto de vista cultural e histórico, como também ambiental e ecológico.

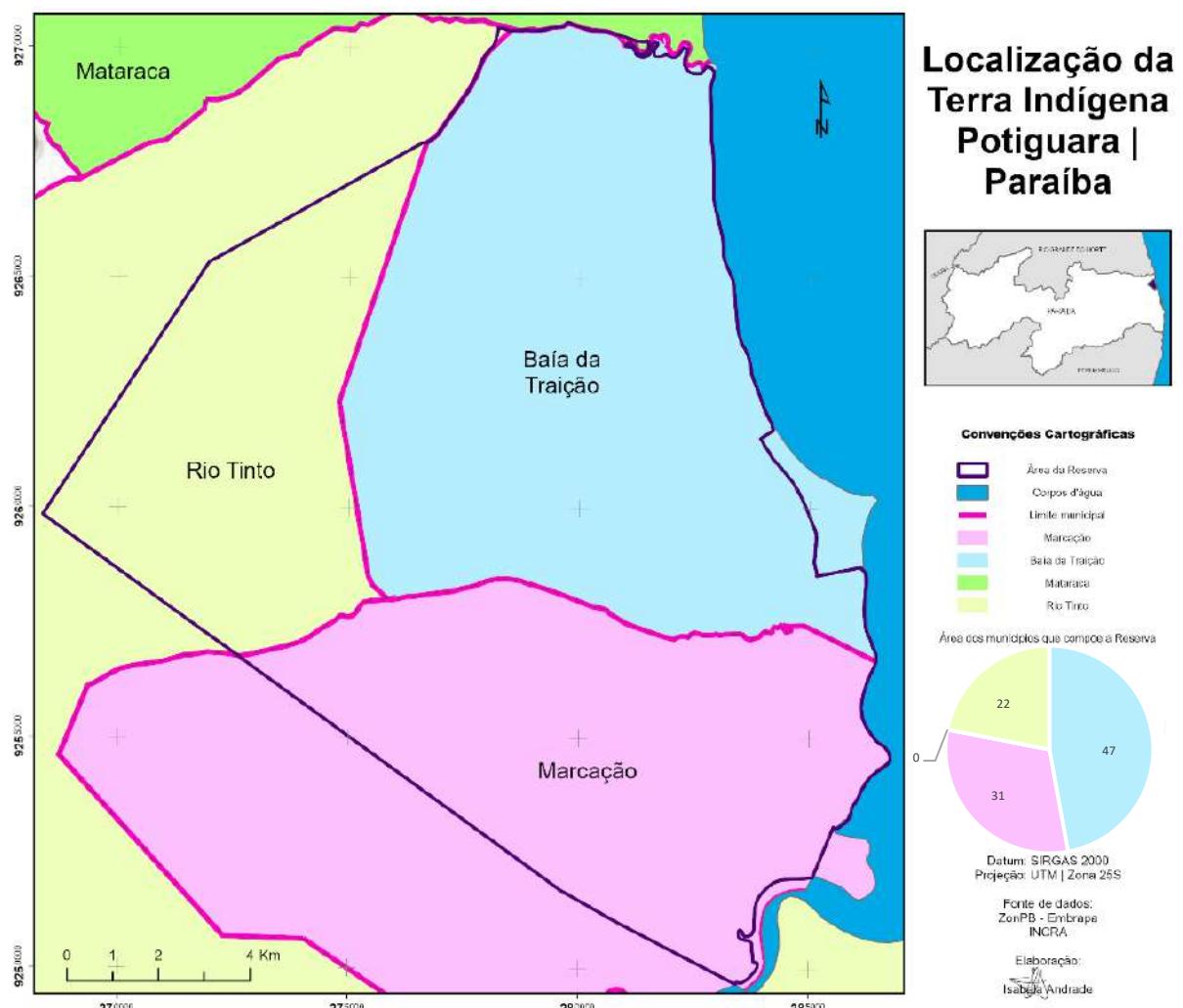


Figura 1: Mapa de localização da terra indígena Potiguara - Paraíba.

Essa região é reconhecida como um território tradicional dos Potiguaras, composta por três etnias principais: Potiguara, Tabajara e Pitaguary, que têm mantido suas práticas culturais e conhecimentos ancestrais ao longo dos anos.

As práticas agrícolas tradicionais dos Potiguara são profundamente enraizadas em seu conhecimento ancestral e na relação respeitosa com o ambiente que os cerca. De acordo com Sousa e Silva (2018), o povo Potiguara possui uma história e cultura que remontam a séculos, e sua relação com a terra e a agricultura é uma parte essencial desse legado cultural. A agricultura é uma atividade que transcende a mera subsistência para os Potiguara, ela carrega consigo significados culturais e rituais que reforçam sua identidade como povo indígena.

No entanto, a preservação dessas práticas agrícolas tradicionais enfrenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito à demarcação e proteção de suas terras. A pesquisa de Vieira (2006) destaca que a demarcação da Terra Indígena Potiguara é um processo complexo, sujeito a conflitos territoriais com não indígenas que buscam explorar os recursos naturais disponíveis nesses territórios.

De acordo com Cardoso, et.al (2012), enquanto a mandioca é parte da agricultura tradicional (roça) e está associada à subsistência e ao uso coletivo das terras, a plantação de cana-de-açúcar é uma atividade polêmica e imbricada em disputas entre os Potiguara e os usineiros, representando uma lógica de mercado capitalista. A relação entre os plantadores indígenas e as usinas é desigual, com os primeiros recebendo uma parte ínfima do lucro em comparação aos usineiros. O uso intensivo de agrotóxicos nas áreas ocupadas por cana é percebido como uma contaminação do solo e dos rios, causando danos à saúde dos agricultores e dos moradores, essa prática gera preocupação com a sustentabilidade e o futuro das terras indígenas.

Esses conflitos podem resultar em perda de áreas de cultivo e na degradação ambiental, impactando diretamente as práticas agrícolas e o modo de vida tradicional dos Potiguara. Diante de conflitos e pressões externas, os Potiguara têm demonstrado uma notável resistência em defender suas terras e suas práticas agrícolas. Costa et al. (2020) enfatiza que a luta dos Potiguara pela defesa de seus territórios é uma expressão da conexão profunda que eles mantêm com a terra, enraizada em sua cultura e identidade.

Apesar dos desafios, a agricultura tradicional indígena desempenha um papel crucial na conservação da biodiversidade local e na segurança alimentar das comunidades Potiguara, o conhecimento etnobotânico e as técnicas agrícolas desenvolvidas ao longo de gerações têm sido fundamentais para a preservação dos recursos naturais e para o bem-estar dessas comunidades. As políticas públicas também desempenham um papel importante na sustentabilidade da agricultura indígena, devido a necessidade de programas governamentais que apoiam a produção agrícola indígena, garantindo a autonomia das comunidades e a preservação de suas tradições culturais ligadas à terra e à agricultura.

A relação ancestral dos povos indígenas com a terra é intrinsecamente entrelaçada com sua cultura, identidade e práticas agrícolas tradicionais, dentro desse contexto, o levantamento de solos e a avaliação do potencial de terras para irrigação em territórios indígenas assumem uma importância crucial na promoção de práticas agrícolas sustentáveis e no desenvolvimento socioeconômico das comunidades.

O conhecimento tradicional indígena e práticas de manejo de solos e água, destaca a importância de práticas ancestrais no uso sustentável dos recursos naturais, incluindo técnicas de irrigação e conservação do solo. A valorização desse conhecimento é essencial para promover práticas agrícolas resilientes e respeitosas ao meio ambiente, assegurando a continuidade da biodiversidade e a autossuficiência das comunidades indígenas.

2.2 Projeto Potiguara

O Projeto Solos Potiguara, iniciado em março de 2022, desenvolvido pela Embrapa Solos em colaboração com a Associação Paraibana dos Produtores de Mel da Baía da Traição, tem como objetivo fornecer informações precisas sobre os diferentes tipos de solo presentes nos 21 mil hectares do território potiguara demarcado e homologado na Paraíba. Esse mapeamento detalhado permitirá que os indígenas façam escolhas mais assertivas na hora de selecionar as culturas para plantio em determinadas áreas, fornecendo informações sobre quais culturas são mais adequadas para cada tipo de solo.

O mapa resultante do projeto está disponível na Associação Paraíba Mel e na Embrapa Solos - UEP de Pernambuco, facilitando o acesso dos agricultores às informações. Além disso, essas informações também poderão ser utilizadas para a obtenção de financiamentos junto a

bancos, já que as instituições financeiras poderão saber em quais áreas os agricultores vão trabalhar e quais culturas eles escolheram para essas áreas.

O projeto foi aprovado no âmbito da Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI) e recebeu monitoramento da Funai com subvenção do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud). Com esse projeto, os indígenas da região terão acesso a informações valiosas sobre os solos de seu território, o que possibilitará uma agricultura mais produtiva e sustentável, fortalecendo assim a gestão territorial e ambiental da Terra Indígena Potiguara.

3. Reconhecimento de Alta Intensidade de Solos

O reconhecimento de alta intensidade de solos é uma abordagem científica e técnica utilizada para identificar e caracterizar solos que apresentam alto potencial produtivo, esse reconhecimento é fundamental para a agricultura sustentável, pois permite a identificação de áreas que são mais propícias ao cultivo de culturas agrícolas intensivas, com melhores condições para o desenvolvimento das plantas e maior produtividade. Além disso, essa abordagem também é relevante para a conservação dos recursos naturais, pois incentiva o uso sustentável do solo e a adoção de práticas agrícolas que visem à sua preservação e restauração.

Os estudos sobre o reconhecimento de alta intensidade de solos geralmente empregam metodologias abrangentes que incluem levantamento detalhado de solos, análise laboratorial das propriedades físicas e químicas do solo, estudos climáticos para avaliar as condições ambientais e técnicas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e drones, para obter informações detalhadas sobre a distribuição espacial dos solos. A análise integrada dessas informações permite a identificação de áreas com características físicas e químicas favoráveis ao crescimento vigoroso das culturas, como boa drenagem, alta capacidade de retenção de água e nutrientes, além de uma estrutura física adequada para o desenvolvimento radicular das plantas.

4. Metodologia

4.1 Planejamento e Prospecção

A fase inicial constou da aquisição de material básico, como o arquivo shapefile da delimitação da terra indígena Potiguara, e Modelo Digital de Elevação (MDE), obtidos através da Funai, banco de dados do ZonPB – Embrapa e INPE, para serem trabalhadas na escala 1:25.000. A partir disso, foram produzidos os mapas básicos necessários ao planejamento dos trabalhos de campo.

Na segunda fase, juntamente com o indígena colaborador do projeto e Dr. em Ciência do Solo, Victor Felix, se planejou a melhor forma de viabilização dos trabalhos de campo necessários ao mapeamento de solos. Ainda nessa fase a prospecção foi realizada, envolvendo dois pesquisadores da Embrapa Solos – UEP Recife, José Coelho e Luiz de França.

De acordo com o planejamento, foram abertos perfis, de acordo com a uniformidade da topografia e foram registrados e descritos em ficha de campo, onde foram discriminados o seu código; classe do solo; coordenada do ponto; uso atual; pedregosidade; rochosidade; relevo; drenagem; nomenclatura e espessura dos horizontes/ camadas, assim como suas características principais, incluindo cor, textura, presença de areia muito fina, camada de impedimento e outros fatores do solo e/ou do ambiente, relevantes na interpretação do potencial de terras para irrigação.

4.2 Unidades de Mapeamento - UM

As Unidades de Mapeamento se referem a uma subdivisão geográfica ou uma área delimitada em um mapa que possui características específicas, como tipos de solo, vegetação, clima, relevo, uso da terra, entre outros. Essas unidades são criadas para facilitar a análise e a representação de informações geográficas e ambientais.

Com base no que fora observando *in situ*, concomitantemente à experiência do pedólogo em campo, os polígonos de solos são delimitados com características semelhantes de solo e clima, que influenciam na produtividade agrícola e nas práticas de manejo, necessitando das demais análises de solos para ser então feita a sua geocodificação.

4.3 Análises de solos

As análises realizadas em laboratório, e se dividiram em físicas e químicas:

Análises físicas - Foram quantificadas as frações da amostra total (proporção de calhaus, cascalhos e terra fina), analisada a granulometria da terra fina e determinadas a densidade do solo, densidade de partículas e a retenção de umidade do solo. Em consequência dessas análises, calcularam-se o grau de floculação das argilas e a relação silte/argila.

Análises químicas - Foram determinados: pH (em água), cátions trocáveis (cálcio, magnésio, potássio e sódio), acidez trocável (hidrogênio + alumínio), alumínio trocável, fósforo assimilável e carbono orgânico total. Foram calculados os valores da soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, saturação por alumínio e saturação por sódio.

4.3 Critérios utilizados para a classificação e geocodificação das UMs

Os critérios utilizados para o estabelecimento, subdivisão das classes e organização da legenda de solos constam no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2018).

4.3.1 Atividade da fração argila

Refere-se à capacidade das partículas de argila do solo em reter e trocar nutrientes, especialmente cátions como cálcio, magnésio e potássio. A classificação do solo como de alta ou baixa atividade está relacionada ao tipo de mineral presente na fração argila.

$$T_{fa} = \frac{100 \cdot T}{\% \text{ argila no solo}}$$

Onde:

Tfa = atividade da fração argila.

T = capacidade de troca de cátions do solo.

O limite para classificar o solo como de alta atividade (Ta) ou baixa atividade (Tb) é de 27 cmolc/kg de CTC efetiva.

4.3.2 Saturação por bases (valor V%)

É expressa como a porcentagem da capacidade de troca de cátions (CTC) ocupada por esses cátions básicos, em outras palavras, é a relação entre a soma das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) e a capacidade total do solo de reter cátions, determinada a pH 7,0. Essa capacidade de troca de cátions está relacionada à fração argila e à matéria orgânica do solo, em geral, considera-se a saturação por bases no horizonte B, e, na ausência deste, no horizonte C. No caso dos Neossolos Litólicos, a saturação por bases é avaliada, também, no horizonte A. Para o cálculo da saturação por bases do solo utiliza-se a seguinte expressão:

$$V\% = \frac{100 S}{T}$$

Onde:

S = soma de bases trocáveis do solo ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$).

T = capacidade de troca de cátions do solo [$S + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$].

Conforme a saturação por bases, os solos são classificados como distróficos, quando $V < 50\%$, ou eutróficos, quando $V > 50\%$. Esse critério não se aplica quando, por definição, o solo é eutrófico.

4.3.3 Saturação por sódio (PST)

Refere-se à proporção de sódio trocável (PST) em relação à capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. O íon sódio (Na^+) é um cátion que pode ser adsorvido na fração argila do solo, substituindo outros cátions importantes, como cálcio e magnésio.

$$\text{Na \%} = \frac{100 \text{ } \text{Na}^+}{T}$$

Em geral, a saturação por sódio é avaliada no horizonte B e/ou, C, em conformidade com a seção de controle que define a classe de solo. Usa-se o termo solódico para distinguir

horizontes ou camadas com saturação por sódio variando entre 6% e 15%, e o termo sódico para os horizontes ou camadas em que a saturação por sódio é 15%.

4.3.4 Salinidade

A saturação por sódio é uma característica dos solos que se refere à presença de sais mais solúveis em água do que o sulfato de cálcio (gesso), em quantidade que pode interferir no crescimento adequado da maioria das culturas. Essa propriedade é avaliada através da medida da condutividade elétrica no extrato de saturação do solo. Quando a condutividade elétrica é igual ou superior a 4 dS/m e menor que 7 dS/m (a 25°C) em um ou mais horizontes ou camadas dentro da seção de controle do solo, é utilizada a denominação "salino" para descrever a classe do solo. Já quando a condutividade elétrica é igual ou superior a 7 dS/m (a 25°C), utiliza-se o termo "sálico" para distinguir os horizontes ou camadas dentro da seção de controle da classe de solo. Essa classificação é relevante para identificar e compreender o potencial de problemas de salinidade nos solos, o que é fundamental para o manejo adequado dessas áreas agrícolas.

4.3.5 Profundidade do contato lítico

O termo "contato lítico" refere-se ao material subjacente ao solo, excluindo horizontes diagnósticos cimentados, que restringe o livre crescimento das raízes, limitando-as a fissuras ou rachaduras existentes. A classificação dos solos leva em consideração o contato lítico, utilizando os termos "lítico" para solos com esse contato dentro dos primeiros 50 cm de profundidade, exceto quando já é implícito na classe de solo, e "léptico" para solos com o contato lítico entre 50 e 100-120 cm, conforme a seção de controle da classe de solo.

4.3.6 Textura e espessura dos horizontes superficiais

O critério de arênico e espessarênico é utilizado para diferenciar classes de solos que possuem horizontes superficiais espessos e de textura arenosa, mas que apresentam textura média ou mais fina em camadas mais profundas. O termo "arênico" é empregado para descrever solos com textura predominantemente arenosa desde a superfície até uma profundidade entre 50 e 100 cm. Por outro lado, o termo "espessarênico" é utilizado para caracterizar solos com textura predominantemente arenosa desde a superfície até mais de

100 cm de profundidade. Essa classificação é relevante para a identificação e caracterização adequada desses solos, proporcionando informações importantes para o manejo e uso sustentável das terras.

4.3.7 Textura de horizontes superficiais dos solos arenoquartzosos

Com o objetivo de aprimorar a categorização dos Neossolos Quartzarênicos, especialmente para fins de manejo irrigado, foram estabelecidas subdivisões texturais da seguinte maneira:

- i. Para os solos com textura na classe areia-franca, considerando a camada de controle entre 100 e 200 cm de profundidade;
- ii. Para os solos com textura exclusivamente na classe areia em toda a extensão analisada, até 200 cm de profundidade.

Essas subdivisões têm o propósito de fornecer informações mais detalhadas e relevantes para a utilização sustentável desses solos em práticas de irrigação e manejo adequado.

4.3.8 Mudança textural abrupta

Refere-se a um aumento significativo no conteúdo de argila em uma curta distância vertical (até 7,5 cm) na zona de transição entre o horizonte A ou E e o horizonte subjacente B. Quando o horizonte A ou E contém menos de 20% de argila, o teor dessa fração no horizonte B, em uma seção vertical de até 7,5 cm, deve ser no mínimo o dobro do encontrado no horizonte superior A ou E. No entanto, quando o horizonte A ou E possui 20% ou mais de argila, o horizonte B, na mesma seção vertical de até 7,5 cm, deve apresentar pelo menos 20% a mais de argila em comparação ao horizonte superior A ou E.

4.3.9 Grupamento de classes texturais

Este critério refere-se a uma faixa específica de textura que inclui uma ou mais classes texturais. Os grupamentos utilizados são os seguintes:

- Textura arenosa - Engloba as classes texturais areia e areia-franca.

- Textura média - Abrange classes texturais, ou parte delas, que possuem menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluindo as classes texturais areia e areia-franca.
- Textura argilosa - Compreende classes texturais, ou parte delas, que contêm de 35% a 60% de argila.

Essa classificação é relevante para distinguir diferentes tipos de solos com base em suas composições granulométricas, o que é fundamental para a compreensão de suas características e para a aplicação adequada de práticas de manejo e conservação.

4.3.10 Presença de cascalhos

Trata-se da relação entre as frações grossas do solo, com tamanhos entre 2 mm e 2,0 cm, em relação à amostra total, sem levar em conta a natureza dos materiais. A presença de cascalho é utilizada como um fator qualitativo para modificar a classe de textura do solo. Nesse sentido, existem três classes de solos com base na quantidade de cascalho presente:

- Pouco cascalhento: quando a porcentagem de cascalho varia entre 8% e menos de 15%.
- Cascalhento: quando a porcentagem de cascalho varia entre 15% e menos de 50%.
- Muito cascalhento: quando a porcentagem de cascalho é igual ou superior a 50%.

4.3.11 Outros parâmetros

Outros parâmetros observados para a devida classificação das UM foram: características intermediárias entre classes de solos; tipos de horizonte A; fases de vegetação; fase de relevo; fase de pedregosidade e rochosidade; fase de substrato, entre outros.

4.4 Geocodificação e Legenda de solos

A classificação dos solos foi elaborada seguindo as diretrizes normativas dos levantamentos pedológicos (Embrapa, 2018). O objetivo principal foi distinguir áreas com padrões representativos da paisagem, buscando homogeneidade na escala de 1:25.000, com base nos dados dos exames e perfis de solo. A intenção também foi identificar solos e ambientes com potencialidades agrícolas ou não-agrícolas semelhantes.

As UMs, correspondendo aos padrões de áreas que foram individualizados nos mapas, podendo serem encontrados em uma ou várias manchas de solos, sendo cada unidade representada por um código alfanumérico, baseado no solo mais dominante, conforme as especificações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Essa classificação permite uma melhor compreensão dos diferentes solos e ambientes, auxiliando na tomada de decisões relacionadas ao uso e manejo do solo de forma mais eficiente e adequada. Ver Apêndice A.

4.5 Potencial de terras para irrigação

O Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação é uma metodologia que avalia a aptidão do ambiente para o desenvolvimento de determinada cultura sob um tipo específico de irrigação. Ele busca classificar as terras considerando diversas informações, de modo a proporcionar uma análise integrada do ambiente, otimizando o manejo da agricultura irrigada (Amaral, 2018).

Além disso, o sistema também oferece uma opção de classificação generalizada, que não leva em conta os diferentes tipos de irrigação e culturas. Essa alternativa é útil para os usuários que desejam realizar uma avaliação preliminar na fase de pré-projeto (Amaral, 2018).

4.5.1 Parâmetros do sistema relacionados ao solo

Os levantamentos pedológicos fornecem dados morfológicos e analíticos dos perfis de solos, sendo essas informações apresentadas por horizontes, no entanto, o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI) demanda que esses dados sejam apresentados por camadas, portanto, é necessário adaptar a forma de apresentação dos dados para atender aos requisitos do SiBCTI.

Para incluir os dados no sistema quando as espessuras dos horizontes não coincidem com as camadas definidas pelo SiBCTI, é necessário seguir três situações distintas:

- a. Quando uma camada do SiBCTI abrange vários horizontes do perfil de solo, o valor a ser atribuído a essa camada deve ser a média ponderada dos dados dos horizontes, levando em conta suas respectivas espessuras dentro da camada.
- b. Caso uma camada do SiBCTI compreenda apenas uma parte de um horizonte, o valor a ser atribuído a essa camada será o valor correspondente ao próprio horizonte.

- c. Se não houver dados disponíveis para os horizontes (por exemplo, em solos rasos), e a camada do SiBCTI não puder ser preenchida, essa camada deve receber o valor "zero".

4.5.1.1 Profundidade (Z)

A determinação do parâmetro de profundidade do solo para classificação no SiBCTI envolve uma análise morfológica realizada pelo pedólogo no campo, seguida pelos resultados analíticos do laboratório. Esses dados são apresentados por horizontes ou camadas de acordo com a ocorrência no campo, no entanto, o SiBCTI requer informações de profundidade por espessura de camadas pré-estabelecidas.

O interesse do SiBCTI é a espessura de solo que permite a livre penetração do sistema radicular das culturas agrícolas desejadas, sem impedimentos causados por barreiras físicas, como rocha consolidada, duripã, fragipã, horizonte litoplíntrico, horizonte plânico, horizonte plíntico ou elevado nível do lençol freático.

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

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

Essas informações geralmente não estão claramente descritas na ficha do perfil pedológico, mas podem ser inferidas através de outras observações presentes na descrição morfológica, como a presença de mosqueado, cor do solo, estrutura, consistência, drenagem do perfil, entre outros. O classificador obterá esses parâmetros na ficha do perfil de solo representativo da área para determinar o seu potencial para cultivo sob irrigação.

4.5.1.2 Ca + Mg (Y)

Os principais elementos trocáveis no solo são cálcio, magnésio, potássio e sódio, sendo os três primeiros macronutrientes essenciais para as plantas. O potássio não precisa ser informado pelo usuário no SiBCTI para fins de classificação do solo.

As informações sobre a variável Ca + Mg devem ser fornecidas em cmolc.kg⁻¹ em três camadas do solo: 0-20, 20-60 e 60-120 cm.

4.5.1.3 Valor T (T)

O Valor T ou CTC total, representa a quantidade total de cátions retidos por unidade de peso do solo, refletindo sua capacidade de reter os nutrientes essenciais para o crescimento das plantas e evitar perdas por lixiviação profunda. As informações sobre esse parâmetro devem ser fornecidas em cmolc/kg para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm. Essas informações são obtidas a partir das análises físicas e químicas do perfil do solo realizadas no levantamento pedológico.

4.5.1.4 pH do Solo medido em Água (H)

O pH é um indicador que expressa a acidez ou alcalinidade de uma solução ou dispersão, no caso do solo, a faixa considerada normal para o pH varia de 5,0 a 7,0, valores que estejam fora dessa faixa podem causar desequilíbrios na nutrição das plantas ou aumentar a concentração de íons tóxicos.

As informações sobre o pH em água devem ser fornecidas em unidades adimensionais para três camadas do solo: 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm.

4.5.1.5 Saturação por Sódio Trocável (S)

O sódio é um elemento muito importante na agricultura irrigada, tanto pela fitotoxicidade quando presente na solução do solo, quanto pela capacidade desestruturante, ou seja, agindo como um agente desfloculador das unidades pedológicas do solo, o que confere ao solo propriedades físicas extremamente desfavoráveis à penetração da água e das raízes.

As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em percentagem por sódio trocável e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120- 240 cm.

$$PST = 100 * \frac{Na}{T}$$

4.5.1.6 Alumínio Trocável (M)

O alumínio é o principal elemento natural tóxico para as plantas em solos tropicais e, caso não seja corrigido por meio da calagem, pode causar perdas significativas de produtividade.

As informações sobre o teor de Alumínio Trocável devem ser apresentadas em cmolc/kg e para três profundidades: 0-20 cm, 20-60 cm e 60-120 cm, a fim de que o sistema possa realizar a classificação final do solo.

4.5.1.7 Classe Textural (V)

A textura do solo refere-se à distribuição proporcional das partículas de areia, silte e argila em uma determinada massa de solo. Essa proporção é inicialmente estimada no campo pelo pedólogo com base em sensações tátteis, mas posteriormente confirmada em laboratório de física do solo, utilizando amostras de terra fina seca ao ar (TFSA). Durante o levantamento de solos, as amostras são coletadas no momento da descrição em campo da morfologia do solo, e então enviadas para análise laboratorial.

Para inserir esses dados no SiBCTI, o classificador seleciona a textura do solo a partir das opções disponíveis na aba "Classe Textural", que incluem: muito argilosa, argilosa, siltosa, média e arenosa. Além disso, existem opções de texturas binárias, como média/argilosa, média/muito argilosa, argilosa/muito argilosa, arenosa/média e arenosa/argilosa.

4.5.1.8 Capacidade de Água Disponível (C)

A capacidade de água disponível em um solo é definida como o intervalo de teor de água compreendido entre a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente (PMP). A CC representa a máxima quantidade de água que o solo consegue reter após a drenagem natural, enquanto o PMP é o teor de água mínimo em que as plantas permanecem murchas, um valor arbitrado em 1.500 KPa, mesmo em um ambiente com alta umidade.

A determinação da CC é um processo complexo e pode variar conforme a textura, estrutura, teor de matéria orgânica e minerais na fração argila do solo, bem como a variação em profundidade e uniformidade do solo.

A Capacidade de Água Disponível (C) não é determinada diretamente, mas sim calculada utilizando a CC, o PMP e a densidade do solo, através da seguinte equação:

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

No SiBCTI, é fornecida em milímetros para três camadas (0-20, 0-60 e 0-120 cm), permitindo a classificação do solo de acordo com sua capacidade de retenção de água.

4.5.1.9 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (E)

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é uma medida indireta da salinidade do meio, refletindo os constituintes iônicos totais na solução, incluindo cátions e ânions determinados quimicamente, bem como os sólidos dissolvidos. Essa medição é feita diretamente na pasta de saturação do solo. As informações referentes à variável "Condutividade Elétrica" devem ser fornecidas em dS/m em quatro camadas distintas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm.

4.5.1.10 Mineralogia da argila (A)

As argilas de atividade alta, também conhecidas como do tipo 2:1, são de grande importância no manejo dos solos, especialmente em relação à drenagem interna, mecanização, retenção de água e capacidade de retenção de nutrientes. Essa variável é essencial para entender o comportamento físico do solo, como sua condutividade hidráulica, drenagem, adaptação a diferentes sistemas de irrigação e respostas das culturas vegetais.

A identificação dessas argilas pode ser feita por meio de observação de mapas de solos ou análise do tipo de material originário do solo. A presença de argilas 2:1 não exclui necessariamente uma área para irrigação, e há muitos casos bem-sucedidos de exploração desses solos com esse método. No entanto, o manejo desses solos requer atenção especial, principalmente em relação à manutenção adequada da umidade, um teor de água excessivo prejudica a mecanização, enquanto um solo muito seco dificulta a infiltração de água.

4.5.1.11 Espaçamento entre drenos (D)

A variável em questão está relacionada à necessidade de implementar sistemas de drenagem subterrânea, tornando a irrigação economicamente viável. Quanto menor a condutividade hidráulica do solo, menor é o espaçamento exigido entre os drenos, o que pode encarecer o projeto de irrigação a ponto de inviabilizá-lo economicamente.

O cálculo do espaçamento entre drenos pode ser obtido através de tabelas ou da fórmula de Hooghoudt, sendo comumente trabalhado com um valor limite de 20 metros para

esse parâmetro. No entanto, há uma tendência de adotar o valor de 15 metros, uma vez que os custos para a implantação de projetos de drenagem estão diminuindo ao longo do tempo, e a produtividade das culturas irrigadas está aumentando, melhorando a rentabilidade.

As informações relacionadas ao espaçamento entre drenos não são disponíveis nas tabelas do levantamento pedológico e devem ser encontradas nas fichas pedológicas ou histórico da área.

Para calcular o espaçamento entre drenos, é necessário estudar a água subterrânea, estimando e avaliando as propriedades físicas do solo, como a condutividade hidráulica do solo saturado (K_0) e a porosidade drenável (f). Esses parâmetros são fundamentais para dimensionar o sistema de drenagem e são utilizados em equações matemáticas, como a Equação de Hooghoudt, que é indicada para solos que apresentam problemas de drenagem e necessitam de drenos artificiais para o escoamento da água das áreas agrícolas irrigadas, estando sob regime de fluxo permanente

4.5.1.12 Posição na Paisagem (B)

O parâmetro em questão refere-se às terras que estão relacionadas a áreas abaciadas, ou seja, depressões onde não há drenagem natural para remover o excesso de sais, que acabam se acumulando e não são carreados para rios ou lagos de cota inferior.

Essa informação geralmente está presente nas observações do especialista em solos ao descrever o perfil do solo. Na falta dessa informação, pode-se identificar a presença de vegetação característica no local ou ausência dela na área em análise, o que também ajuda na classificação. Outras características descritas no perfil do solo, como a presença de lençol freático elevado, manchas de cores de redução ao longo do perfil, entre outras, também auxiliam na identificação desse parâmetro. Além disso, o classificador de terras para irrigação pode ter acesso, se possível, ao levantamento plani-altimétrico da área estudada, o que facilita a localização dessas zonas de acúmulo natural de água.

4.5.1.13 Topografia - Declividade (G)

A inclinação ou declividade do terreno pode impactar os sistemas de irrigação de diversas maneiras, especialmente no sistema de irrigação por superfície. Isso pode afetar a

distribuição da água aplicada e causar erosão, dependendo da textura do solo. A declividade é uma variável crucial que influencia os custos de instalação dos diferentes sistemas de irrigação, principalmente no sistema por superfície, como gravidade ou sulcos. Em algumas situações, a declividade pode tornar inviável a instalação desses sistemas, devido a comprimentos menores de sulcos ou alta potência necessária nos propulsores de água, o que resulta em custos energéticos elevados ao longo do projeto. 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%;

Escargado: declives muito fortes maiores que 75%.

4.5.1.14 Condutividade Hidráulica (K)

A condutividade hidráulica é um coeficiente que expressa a facilidade com que a água é transportada através do solo poroso, sendo influenciada tanto pelas propriedades do solo quanto pelas propriedades da água. Essas propriedades do solo incluem a distribuição de tamanho e forma das partículas, a tortuosidade, a superfície específica e a porosidade, que afetam a geometria porosa do solo.

Essa capacidade de transmitir água é uma das propriedades hidráulicas mais importantes dos solos e é fundamental para estudos ambientais, planejamento de uso do solo, investigação de processos erosivos e geotécnicos, irrigação, drenagem, entre outros. A condutividade hidráulica pode ser classificada em muito lenta, lenta, moderada, rápida e muito rápida, dependendo dos valores observados.

As informações sobre a condutividade hidráulica devem ser fornecidas em cm/h para três camadas: 0-60 cm, 60-120 cm e 120-240 cm.

4.5.1.15 Velocidade de Infiltração Básica - VIB (I)

A infiltração da água no solo é o processo pelo qual a água penetra na superfície do solo, proveniente principalmente da chuva, irrigação ou derretimento de gelo. A velocidade

de infiltração é um fator crucial para a irrigação, drenagem e conservação do solo e água. Ela determina o tempo necessário para que a água seja incorporada ao solo e é essencial para escolher o método de irrigação adequado, calcular o comprimento e espaçamento dos sulcos, além de subsidiar estudos de drenagem.

A velocidade de infiltração no solo tende a diminuir ao longo do tempo de aplicação de água, atingindo um valor quase constante, denominado Velocidade de Infiltração Básica (VIB). Vários fatores influenciam a infiltração, como a textura, estrutura, umidade, manejo do solo, presença de camadas retentoras de água, condutividade hidráulica e a variabilidade espacial dos solos.

Diversos métodos podem ser utilizados para quantificar a velocidade de infiltração no campo, sendo o Método do infiltrômetro de duplo anel concêntrico o mais comum e clássico utilizado no Brasil para determinar a VIB.

4.5.1.16 Profundidade da Zona de Redução (W)

A saturação temporária, uma variável que pode afetar negativamente o crescimento de plantas cultivadas, está relacionada à variação da altura do lençol freático, que é a superfície superior de uma zona de saturação de água subterrânea não confinada por uma formação impermeável. Quanto mais próxima da superfície do solo, mais prejudicial essa condição pode ser para a maioria das plantas.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (5^a Ed., 2018), a presença dessa zona de redução pode ser observada através do atributo diagnóstico chamado "caráter redóxico". Esse atributo indica a presença de feições redoximórficas em horizontes ou camadas do solo, resultado da saturação temporária com água que leva a processos de redução e oxidação, resultando em cores mosqueadas ou variegadas de ferro e/ou manganês.

Essa saturação temporária pode ocorrer em horizontes acima de um horizonte B com baixa condutividade hidráulica, formando um lençol freático suspenso. O caráter redóxico pode se manifestar em zonas mais próximas da superfície do solo, em horizontes que antecedem o B ou no topo deste. Em outros casos, pode ocorrer em profundidades maiores, favorecida por horizontes ou camadas com baixa permeabilidade, como camadas adensadas, saprolíticos pouco permeáveis ou rocha.

As informações sobre a ocorrência da zona de redução devem ser fornecidas em centímetros para que o SiBCTI classifique corretamente o solo avaliado. Esses dados podem ser obtidos indiretamente a partir das tabelas oriundas do levantamento pedológico, prestando atenção às informações sobre drenagem no perfil do solo, presença de cores mosqueadas ou transições abruptas entre horizontes e/ou camadas e a descrição da consistência do solo em diferentes condições.

Caso haja suspeita de presença da zona de redução no perfil do solo, é recomendado realizar o teste de condutividade hidráulica *in situ* para identificar possíveis camadas semipermeáveis.

4.5.1.17 Pedregosidade (P)

A pedregosidade refere-se à quantidade relativa de calhaus (2-20 cm de diâmetro) e matacões (20-100 cm de diâmetro) presentes na superfície ou no interior do solo. Essa característica pode afetar o aproveitamento da área pelas raízes das plantas, bem como aumentar os custos de implantação de projetos de irrigação, especialmente se a intensidade da pedregosidade for elevada. Além disso, a presença de pedras pode influenciar a uniformidade da aplicação de água durante a irrigação.

A pedregosidade pode ser encontrada em solos pouco intemperizados ou erodidos, como é o caso dos Luvissolos cromáticos do semiárido. No levantamento pedológico, ela é classificada em diferentes classes:

- a. Não pedregosa: Ausência ou ocorrência insignificante de calhaus e matacões, não interferindo na aração do solo, ou sendo facilmente removíveis.
- b. 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.
- c. 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.

- d. 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.
- e. 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.
- f. 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.

4.5.1.18 Rochosidade (R)

A rochosidade se refere à proporção de exposição de rochas do embasamento na superfície do solo, podendo incluir afloramentos de rochas, camadas finas de solo sobre rochas ou a presença significativa de grandes blocos de rochas (matacões) com mais de 100 cm de diâmetro. Essa característica pode afetar a capacidade das raízes das plantas explorarem o solo e dificultar o uso de implementos agrícolas, especialmente em sistemas de irrigação de superfície.

Essa variável é relevante no levantamento pedológico e pode ser classificada em diferentes categorias:

- a. Não rochosa: não há afloramentos ou matacões significativos que interfiram na aração do solo (ocupação inferior a 2% da superfície).
- b. Ligeiramente rochosa: existem afloramentos que podem interferir na aração, mas ainda permitem o cultivo entre as rochas (ocupação entre 2% e 10% da superfície).
- c. 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).
- d. 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).

- e. 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.
- f. Extremamente rochosa: afloramentos e matações ocupam mais de 90% da superfície, sendo esses solos considerados tipos de terrenos.

Em algumas situações, é necessário combinar as classes de rochosidade com as de pedregosidade para avaliar conjuntamente a influência dessas duas condições no uso do solo. Por exemplo, um solo moderadamente pedregoso e moderadamente rochoso pode ser considerado um tipo de terreno.

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

A avaliação da qualidade da água para irrigação era baseada no teor total de sais e sua composição química, principalmente relacionada a problemas de salinidade, sodicidade e toxicidade de íons específicos. No entanto, com o avanço da irrigação localizada, como microaspersão e gotejamento, o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI) passou a demandar uma análise mais abrangente da qualidade da água.

O SiBCTI requer a análise de cinco parâmetros básicos para 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 essencial considerar outros parâmetros relevantes dependendo do sistema de irrigação escolhido, especialmente aqueles que podem causar entupimentos e problemas de condução da água ao longo do tempo.

Os parâmetros de Diferença de Cota de Captação (h) e Distância de Captação D'água (d), embora não sejam diretamente determinadas nas áreas a serem irrigadas, são essenciais para calcular os custos e a viabilidade financeira da implantação das terras a serem irrigadas. Elas compõem os parâmetros de análise que o SiBCTI utiliza para classificar as terras.

Às vezes, outros parâmetros do sistema podem indicar um solo com grande potencial agrícola ou água de boa qualidade para irrigação, mas o custo de captação pode ser muito

elevado devido à altura da cota de captação ou à grande distância das áreas a serem irrigadas, o que torna o projeto inviável com uma classificação desfavorável. Essas variáveis são complexas de ponderar, uma vez que a economia da captação depende do maquinário, energia e tarifas que variam ao longo do tempo e em diferentes regiões. As determinações desses parâmetros são realizadas diretamente no campo, fornecidas em metros para a diferença de cota e quilômetros para a distância de captação.

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.

4.6 Legenda do Potencial de Terras para Irrigação

A legenda, conforme SiBCTI, possui seis classes:

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.

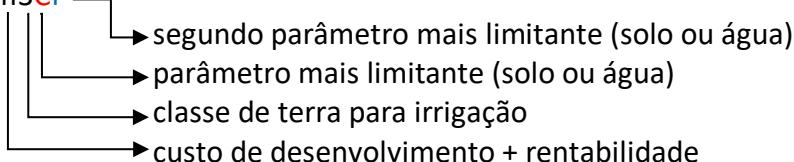
Classe 4: terra que, explorada em alto nível tecnológico, para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 50% da situação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

Os polígonos representados nos mapas, possuem uma codificação qual se inicia por uma letra minúscula, representando custo-benefício; numeração, representando sua classe; seguido do parâmetro limitante, podendo ser mais de um, sendo representado primeiro aquele que apresenta maior limitação.

Exemplo: m3Cf



Onde:

m = subscrito antes da classe, dá ideia da ordem de grandeza da possível rentabilidade esperada com base no cruzamento de dois temas:

- rentabilidade clássica de dois grupos de culturas em que foram divididas todas as culturas componentes da base de dados do SIBCTI;
- custo da captação da água, representada pela distância e diferença de cota.

3 = classe, representa a produção relativa do ambiente avaliado em relação a uma situação de referência.

C = primeiro subscrito após a classe, representa o parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com maior importância na definição da classe. Pode ser parâmetro

ligado ao solo (**letra MAIÚSCULA e de cor vermelha**) ou a água de irrigação (**letra minúscula e de cor azul**)

f = segundo subscrito após a classe, representa o segundo parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com importância superada apenas pelo parâmetro principal na definição da classe. Pode ser parâmetro ligado ao solo (**letra MAIÚSCULA e de cor vermelha**) ou a água de irrigação (**letra minúscula e de cor azul**).

Como o trabalho se enquadra em um pré-projeto, focado inicialmente apenas nas características do solo e localidade, não consta o custo de desenvolvimento, nem se tem a água como parâmetro limitante.

4.7 Água Disponível

Pesquisadores têm realizado estimativas de retenção de água no solo por meio de equações, conhecidas atualmente como funções de pedotransferência (PTFs). A maioria dessas PTFs concentra-se em parâmetros físicos do solo, como granulometria, densidade e teores de carbono orgânico, somente uma pequena proporção delas considera informações sobre atributos químicos do solo.

É importante ressaltar que as classes taxonômicas de solos reúnem informações sobre atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos característicos de cada classe, ao alocar uma determinada classe de solo em uma regressão, implicitamente, informa-se esse conjunto de características associadas a ela. Essas informações das classes de solos contribuem para a predição da retenção de água e, portanto, oferecem dados para melhorar as PTFs.

Com base em metodologia desenvolvida pela Embrapa (2022), para estimativa de AD levando em consideração as UM e suas texturas, se seguiu o protocolo para elaboração de mapas de água disponível, em qualquer escala. O protocolo é amplamente baseado no uso de mapas pedológicos, que funcionam como estratificadores ambientais e auxiliam na redução da variância interna nas Unidades de Mapeamento (Leenhardt et al., 1994).

O cálculo do valor de Água Disponível (AD) de uma Unidade de Mapeamento (UM) de solo foi realizado por meio de uma média ponderada das medianas de AD de seus

componentes. Os pesos foram determinados pelas proporções dos componentes na UM, caso a legenda do mapa de solos não contiver as proporções dos componentes, recomenda-se o uso de proporções empíricas com base no conhecimento. Para um componente proporção de 100%; para dois componentes 60% – 40%; para três 50% - 30% - 20%; e quatro, 25% - 25% - 25% e 25%.

Para obter o valor de AD da UM (ADUM), primeiro calculou-se a AD de cada componente da UM, considerando os valores das medianas dos grupamentos texturais de cada classe de solo ou tipo de terreno levantados no território Indígena Potiguara (ver ANEXO A), conforme valores estabelecidos no BPD 282 - Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil.

Em seguida, é feita a média ponderada desses valores, usando as proporções dos componentes, conforme a fórmula:

$$ADUM = \frac{(AD_{c1} * f1 * p1 + AD_{c2} * f2 * p2 + \dots + AD_{cn} * fn * pn)}{(p1 + p2 + \dots + pn)}$$

Onde:

ADUM = valor calculado representativo de Água Disponível da UM, com 1 até 5 componentes;

AD_c = Água Disponível de um componente "c";

"f" = fator de correção para atributos que restringem a Água Disponível (frações grossas, salinidade etc.);

"p" = proporção de cada componente na UM.

No caso de um componente de uma UM, composta de dois ou mais componentes, ou o componente único apresentar apenas um grupo textural, a mediana desse grupo representa a água disponível (AD_c).

Nos casos em que a legenda de solos indicou a presença de atributos que restringiam a água disponível do componente (frações grossas, salinidade, sodicidade etc.), foi necessário fazer a correção da AD_c. Essa correção é feita multiplicando o valor da AD_c por um fator (f),

dependendo do impacto da restrição no componente. Os atributos que causam restrições e seus níveis de impacto estão listados nos ANEXOS B ao E.

Na ausência de restrições, o fator de correção é igual a 1 ($f = 1$). Se houver dois ou mais atributos limitando simultaneamente a ADc, o fator será calculado usando a fórmula:

$$f = 1 - \frac{(d_1 + d_2 + \dots + d_n)}{(100)}$$

Onde:

" f " = fator para correções múltiplas de atributos que afetam simultaneamente a ADc

" d " = porcentagem de desconto na ADc de cada atributo limitante de acordo com sua natureza - cascalhos, pedregosidade, rochosidade, salinidade, sodicidade etc.

Se a soma das porcentagens de desconto ($d_1 + d_2 + \dots + d_n$) for igual ou maior que 100%, então a ADc será igual a 0, valido também caso a UM contenha Afloramentos de Rocha (AR).

Havendo mais de um grupamento textural associado à classe de solo em questão, o cálculo foi feito tomando a média ponderada dos valores da mediana da AD dos respectivos grupamentos texturais e, em seguida, aplicando o fator de correção. Na presença de dois grupamentos de textura, os pesos atribuídos para calcular a ADc foram: 60% e 40%.

Com as informações sobre as espessuras dos horizontes/camadas, é possível calcular a média ponderada dos valores de AD utilizando as espessuras como pesos. Esse método permite estimar a AD para diferentes combinações de grupamentos texturais encontrados nas legendas dos mapas pedológicos.

4.8 Vínculo de dados

Após a organização dos valores do Potencial de Terras para Irrigação e da Capacidade de Água Disponível para cada Unidade de Mapeamento, é realizado o processo de unir a tabela da planilha eletrônica (em formato *.csv) com a tabela de atributos do mapa de solos (em formato *.shp) no Sistema de Informações Geográficas (SIG), já previamente vetorizado

e geocodificado. Essa união é realizada através de uma coluna comum a todas as tabelas, que é a sigla única de cada UM por meio da função *Join*.

Nesta etapa, foram estabelecidas as cinco potencialidades de acordo com as seis classes para o Potencial de Irrigação (Tabela 5) e oito classes para AD (Tabela 6), de acordo com seus valores e os objetivos do estudo, para permitir uma representação cartográfica adequada.

Tabela 5. Classes de Potencial de Terras para Irrigação e seus padrões de cores RGB.

Potencial	Descrição	R	G	B
Muito Alto	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 $\geq 75\%$	38	115	0
Alto	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 $\geq 50\%$ e $< 75\%$	152	230	0
Médio	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 + classe 3 $\geq 40\%$	250	170	0
Baixo	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: classe 1 + classe 2 + classe 3 $\geq 20\%$ e $< 40\%$; ou classe 4 $\geq 50\%$	255	255	115
Muito Baixo	Ambientes (UM) com classes de terra para irrigação atendendo a condição: ausência das classes 1, 2, e 3; e classe 4 $< 50\%$	204	204	204

Fonte: Embrapa, 2022

Tabela 6. Classes de água disponível e seus padrões de cores RGB.

Símbolo / Cor	Classe	RGB		
		R	G	B
AD0	< 0,34	156	156	156
AD1	0,34 a 0,45	255	255	115
AD2	0,46 a 0,60	255	171	0
AD3	0,61 a 0,79	77	230	0
AD4	0,80 a 1,05	38	158	0
AD5	1,06 a 1,39	0	196	255
AD6	1,40 a 1,84	0	92	230
AD7	> 1,84	133	0	168

Fonte: Embrapa, 2023

As classes AD1 a AD7 seguem as demandas específicas do Zarc, reformulada em 2023 para novas publicações. A classe AD0 foi incluída para possibilitar o mapeamento de ambientes com os valores mais baixos de AD (< 0,34 mm/cm). Esses ambientes correspondem a UMs onde predominam afloramentos de rocha, fases rochosas e/ou pedregosas, entre outras características.

5. Resultados

Os Mapas foram elaborados utilizando o Datum SIRGAS 2000, Projeção Geográfica, para uma escala 1 : 25.000. Para dar a ideia de relevo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação – MDE da NASADEM, aplicando a ferramenta de “Slope”. Nos APÊNDICES B, C e D, estão presentes os mapas a serem publicados em Boletim pela Embrapa Solos.

Para o trabalho não foram indicados os ambientes já delimitados por leis federais, estaduais ou municipais, a exemplo de áreas de preservação permanente e/ou de reservas legais ou indígena. Portanto, não devem ser consideradas as indicações de potenciais aqui apresentadas para os ambientes cujos usos já estão definidos por legislações especiais.

5.1 Solos

O território Indígena Potiguara possui 210 km², apresentando 61% de argissolos no primeiro nível de classificação, distribuído em 15 polígonos. Apesar dos espodossolos apresentarem maior quantitativo de polígonos, possuir menos da metade em área representada pelos argissolos, isso considerando a escala de 1 : 25.000, conforme pode-se observar na Tabela 7.

Tabela 7. Solos do território Indígena Potiguara, até o 1º nível de classificação

Legenda de Solos (1º nível)	Frequência	Área (Km²)	Área (%)
Argissolos	15	129	61
Espodossolos	16	50	24
Gleissolos	6	11	5
Neossolos	3	11	5
Mangue	9	8	4

Caso haja um novo levantamento de solos, e este seja feito em uma escala que permita mais detalhamento, consequentemente aparecerão mais manchas de solos.

De forma generalista, os argissolos exibem variações em sua profundidade, abrangendo desde perfis bem drenados até aqueles com drenagem menos eficiente, a textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A, e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sendo notável um aumento gradual na porcentagem de argila da camada A para a camada Bt. São particularmente adequados para a prática agrícola devido às suas características favoráveis.

Os espodossolos exibem uma sequência característica de horizontes A, E, B espódico e C, apresentando clara diferenciação entre esses horizontes, a textura predominante é geralmente arenosa, com ocorrência menos frequente de textura média e raramente de textura argilosa no horizonte B, já a drenagem varia consideravelmente, sendo estreitamente relacionada à profundidade, ao grau de desenvolvimento e à presença de endurecimento ou cimentação no horizonte B espódico, caracterizado pela presença de alumínio.

Os gleissolos são caracterizados por estarem permanentemente ou periodicamente saturados de água, exceto quando drenados artificialmente, formam-se a partir de sedimentos sujeitos a excesso de água, frequentemente perto de cursos d'água ou em áreas de relevo plano, também podem se formar sob influência de água subterrânea (surgentes) ou em áreas inclinadas, a água pode ficar estagnada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral. Podem ter textura arenosa na superfície, mas com horizonte glei de textura francoarenosa ou mais fina abaixo.

Neossolos são solos tidos como jovens com características variadas, dependendo da textura e outras propriedades, eles podem ser usados para agricultura, pastagem ou outras atividades. Podem apresentar limitações relacionadas à sua baixa fertilidade natural, profundidade e drenagem insuficiente em alguns casos.

Com base nas análises de laboratório, se foi observado solos ácidos, com pH entre 4,5 no mínimo e 5,7 no máximo, apresentando saturação por Alumínio trocável e baixa saturação por bases, sendo classificados como distróficos. O grupamento textural é basicamente arenoso, ainda que possua componentes com textura média/argilosa.

Para a produção do mapa de solos, utilizou-se dados até o quarto nível de classificação. Os solos do território Potiguara apresentam de um a dois componentes, conforme APÊNDICE A. Tal levantamento resultou no Mapa de Reconhecimento de Alta Intensidade de Solos (APÊNDICE B)

5.2 Potencial de Terras para Irrigação

O território possui potencial para irrigação médio, baixo ou muito baixo, conforme o Gráfico 2 e Mapa de Potencial Geral de Terras para Irrigação (APÊNDICE C).

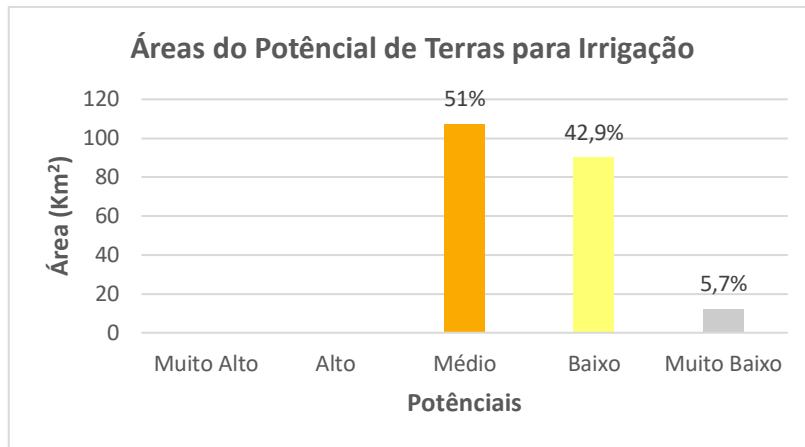


Gráfico 1:áreas das potenciais localidades para irrigação da terra Indígena Potiguara.

Porém no layout do mapa que constará o Boletim da Embrapa, se apresenta a legenda integralmente, para que o leitor tenha uma noção de quantas classes estão sendo trabalhadas, assim como os parâmetros limitantes e explicação de como ler os rótulos. A área correspondente a cursos d'água correspondem 0,5% da área.

Dentre as classes observadas, se encontram as classes 3, 4, 5 e 6, sendo essa última referente aos solos de mangue.

Já entre os fatores limitantes, por ordem de maior ocorrência, estão a: VIB (I); Classe textural (V); Profundidade da zona de redução (W); Topografia/Declividade (G); Pedregosidade (P); Profundidade (Z); PST (S); e CE (E), essas duas últimas limitações também relacionadas aos solos de mangue. As limitações se apresentaram em pares, lembrando que, são relacionadas ao fator solo.

Solos de mangue e Áreas de Preservação Permanente (APP) são tópicos importantes no campo da engenharia ambiental e agronomia. Os solos de mangue são específicos de ecossistemas costeiros e têm características únicas devido à influência das marés e da água salgada, fatores chave que afetam a composição e propriedades do solo. A preservação dos ecossistemas de manguezais é crucial para manter a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos que essas áreas oferecem, como na filtragem de poluentes e na proteção da costa contra a erosão., sendo assim considerados APPs, áreas protegidas por lei devido à sua importância para a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais.

Mesmo algumas camadas dos solos apresentando taxas de Alumínio trocável superior a 1 cmolc/Kg, taxa considerada potencialmente prejudicial à muitas culturas, não foi considerado como fator limitante. Assim como outros parâmetros limitantes químicos, sendo observados apenas no solo de mangue.

A VIB atrelada a classe textural arenosa a média apresentada por esses solos, remete a uma taxa de infiltração naturalmente alta devido a estrutura porosa, permitindo a penetração da água no solo, isso pode acarretar a lixiviação de nutrientes solúveis, uma vez que a água arrasta os nutrientes para as camadas mais profundas, fora do alcance das raízes das plantas. Também apresentam limitação na capacidade de retenção de água, a infiltração rápida pode resultar em uma drenagem extremamente eficiente e retenção insuficiente de água, levando à falta de água disponível para as culturas durante períodos mais secos.

Há também a presença de um par limitante quanto ao excesso de água e oxigênio, quando há uma baixa taxa de VIB atrelada a uma zona de redução profunda, a infiltração é lenta e o solo poderá reter água por mais tempo, porém isso pode aumentar o risco de encharcamento e falta de oxigênio nas raízes. As áreas com esse tipo de limitação estão localizadas em que se tem corpos d'água.

Limitação de topografia juntamente a pedregosidade, além de apresentarem uma dupla dificuldade no preparo do solo, plantio e manejo, há o risco de exposição do solo, especialmente na ocorrência de chuvas intensas. Em alguns casos, as pedras podem atuar como proteção contra a influência direta do solo subjacente, no entanto, se ocorrer entre as pedras, ela pode ser ainda mais intensa, criando canais de escoamento concentrados entre as pedras, aumentando a velocidade da água e a capacidade de transporte de sedimentos, esses canais podem evoluir para formação de ravinas, que podem se expandir ao longo do tempo, transportando sedimentos para áreas mais baixas. Quando a topografia é íngreme e a VIB baixa, já que a infiltração é mais lenta. Isso aumenta o risco de ingestão, escorramento e perda de solo e nutrientes.

A Profundidade da Zona de Redução juntamente a classe textural média/argilosa, fazendo com que a água fique armazenada por mais tempo no solo, o que pode resultar em encharcamento e falta de oxigênio para as raízes. Solos com essas limitações estão localizados a margens de corpos d'água.

5.3 Água Disponível

A estimativa da Água Disponível no solo usando o modelo de pedotransferência envolve o uso de herança ou modelos adquiridos a partir de dados empíricos ou científicos. Esses modelos relacionam as propriedades do solo que podem ser medidas diretamente a outras propriedades que são mais difíceis ou demoradas de serem determinadas.

A AD no território Indígena Potiguara, considerando a textura do solo e a unidade de mapeamento, gerou um mapa (APÊNDICE D) apresentando cinco classes de faixas de AD, indo da faixa 0,34 a 1,39 mm/cm, correspondente a AD1 à AD5. No mapa a ser publicado pela Embrapa constará as oito classes a fim de que o leitor consiga visualizar numa escala onde estaria situada sua área de interesse.

6. Conclusão

O presente estudo buscou fornecer uma avaliação abrangente das características do solo e seu potencial de uso na região do território Indígena Potiguara. Utilizando dados cartográficos e análises laboratoriais, foram elaborados mapas que destacam aspectos fundamentais para o manejo sustentável dessas terras. Os resultados obtidos revelam a interação complexa entre fatores como textura do solo, topografia, profundidade da zona de redução, VIB e outros parâmetros que influenciam diretamente a produtividade agrícola e a conservação do ambiente.

Os mapas forneceram uma representação visual do relevo e das características do solo destacando a predominância de argissolos na região, seguidos de espodossolos, gleissolos, neossolos e solos de mangue, classificação essa, essencial para entender as capacidades e limitações dos solos presentes no território.

A análise da potencialidade das terras para irrigação revelou que o território Potiguara possui um potencial para irrigação que requer atenção aos fatores limitantes identificados, destacando os desafios que devem ser enfrentados ao planejar o manejo agrícola nesse território, isso é crucial para orientar decisões sobre o uso eficiente da água para fins de irrigação, levando em consideração a disponibilidade de recursos hídricos e as limitações específicas de cada área, minimizando os impactos negativos e otimizando a produção.

A avaliação da Água Disponível no solo por meio de modelos de pedotransferência é um passo para entender a capacidade do solo de reter e fornecer água às plantas. As classes de faixas de Água Disponível geradas no mapa auxiliarão os agricultores na escolha de culturas mais adequadas aos diferentes perfis de solo, otimizando o uso da água e melhorando a eficiência da irrigação. Novos parâmetros para lapidar essa modelagem estão sendo trabalhados, mas só a utilização da UM combinado a textura e aplicando os descontos, tem dado bons resultados quando confrontado a validação de campo.

Em conclusão, este estudo fornece uma base sólida para o manejo sustentável e a tomada de decisões informadas no território Indígena Potiguara. A combinação de dados cartográficos, análises laboratoriais e modelagem permite uma compreensão abrangente das características do solo, suas limitações e potencialidades. Ao considerar esses resultados ao planejar o uso da terra, é possível promover a conservação do ambiente, a produtividade agrícola e o bem-estar das comunidades indígenas que dependem dessas terras para sustento e subsistência.

REFERÊNCIAS

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

Predição da água disponível no solo em função da granulometria para uso nas análises de risco no Zoneamento Agrícola de Risco Climático / Wenceslau Geraldes Teixeira ... [et.al.]. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2021. E-book : il. color. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 272).

Avaliação, predição e mapeamento de água disponível em solos do Brasil / José Coelho de Araújo Filho ... [et al.]. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2022. E-book : il. color. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 282).

Avaliação detalhada do potencial de terras para irrigação nas áreas de reassentamento de colonos do projeto Jusante - área 3, Glória, BA / José Carlos Pereira dos Santos; José Coelho de Araújo Filho (editores técnicos). – Dados eletrônicos. – Recife: Embrapa Solos - UEP/NE, 2008.

Cardoso, Th Iago Mota; Guimarães, Gabriella Casimiro. (Orgs.). Etnomapeamento dos Potiguara da Paraíba. Brasília: FUNAI/CGMT/CGETNO/CGGAM, 2012.

Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação : enfoque na região semiárida / editor: Fernando Cesar Saraiva do Amaral. -- Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 164 p.: il.

Potiguara, um povo de memórias/ Maria Fabiana Pereira de Sousa e Tamara Rodrigues da Silva.- João Pessoa: Ideia, 2018.

MONTEMOR, Ivys Medeiros Costa et al. Terra indígena em disputa: a reterritorialização dos Potiguara na Terra Indígena Potiguara Montemor, Paraíba, Brasil. Revista Cadernos de Estudos Sociais, v. 35, n. 2, p. 1893, 2020.

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).

Valores e critérios estabelecidos dos parâmetros relacionados ao solo e à qualidade e custo de captação da água para irrigação utilizados no SiBCTI / Silvio Roberto de Lucena Tavares ... [et al.]. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2021. PDF (114 p.) – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 227).

Toxidez de alumínio em culturas anuais / Reinaldo de Paula Ferreira, Adônis Moreira, Joaquim Bartolomeu Rassini. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 35 p. ; 21 cm.— (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 63).

APÊNDICES

APÊNDICE A: solos classificados e geocodificados na terra Indígena Potiguara

Legenda	Componente 1	+	Componente 2	Proporção
ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos				
PAd1	Ass. de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico e não arênico endofragipânico (fragipã abaixo de 100 cm), textura arenosa/média e média	+	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hiperespesso e Órtico espessarênico dúrico, textura arenosa, ambos fase floresta e cerrado subperenifólios relevo plano e suave ondulado	80% + 20%
PAd2	Ass. de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico e não arênico endofragipânico (fragipã abaixo de 100 cm), textura arenosa/média e média	+	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico espessarênico e arênico dúrico, textura arenosa, ambos fase floresta e cerrado subperenifólios relevo plano e suave ondulado	60% + 40%
PAd3	Ass. de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico endofragipânico (fragipã abaixo de 100 cm), textura arenosa/média, fase floresta e cerrado subperenifólios	+	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico e Hidromórfico arênico e espessarênico dúrico, textura arenosa, fase cerrado subperenifólio e campo cerrado, ambos fase relevo plano e suave ondulado.	60% + 40%
PAd4	Ass. de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico e espessarênico endofragipânico (fragipã abaixo de 100 cm), textura arenosa/média	+	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico espessarênico fragipânico e dúrico, textura arenosa, ambos fase floresta e cerrado subperenifólios, relevo plano e suave ondulado	80% + 20%
PAd5	Ass. de: ARGISSOLO AMARELO Distrófico espessarênico e arênico endofragipânico (fragipã abaixo de 100 cm), textura arenosa/média	+	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hiperespesso e Órtico espessarênico dúrico, textura arenosa, ambos fase floresta e cerrado subperenifólios, relevo plano e suave ondulado	60% + 40%
PAd6	Gr. Indif.: ARGISSOLO AMARELO e VERMELHO-AMARELO Distrófico típico e endorredóxico, textura média/argilosa e arenosa/média, fase não epipedregosa e epipedregosa (com e sem petroplintita), floresta subperenifólia, relevo ondulado a forte ondulado.			100%
PAd7	Gr. Indif.: ARGISSOLO AMARELO e VERMELHO-AMARELO Distrófico típico e arênico fragipânico e não fragipânico, textura média/argilosa e arenosa/média, fase não epipedregosa e epipedregosa (com e sem petroplintita)	+	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico arênico e espessarênico dúrico, ambos fase floresta e cerrado subperenifólios, relevo ondulado a forte ondulado	80% + 20%
ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS Hidromórficos				

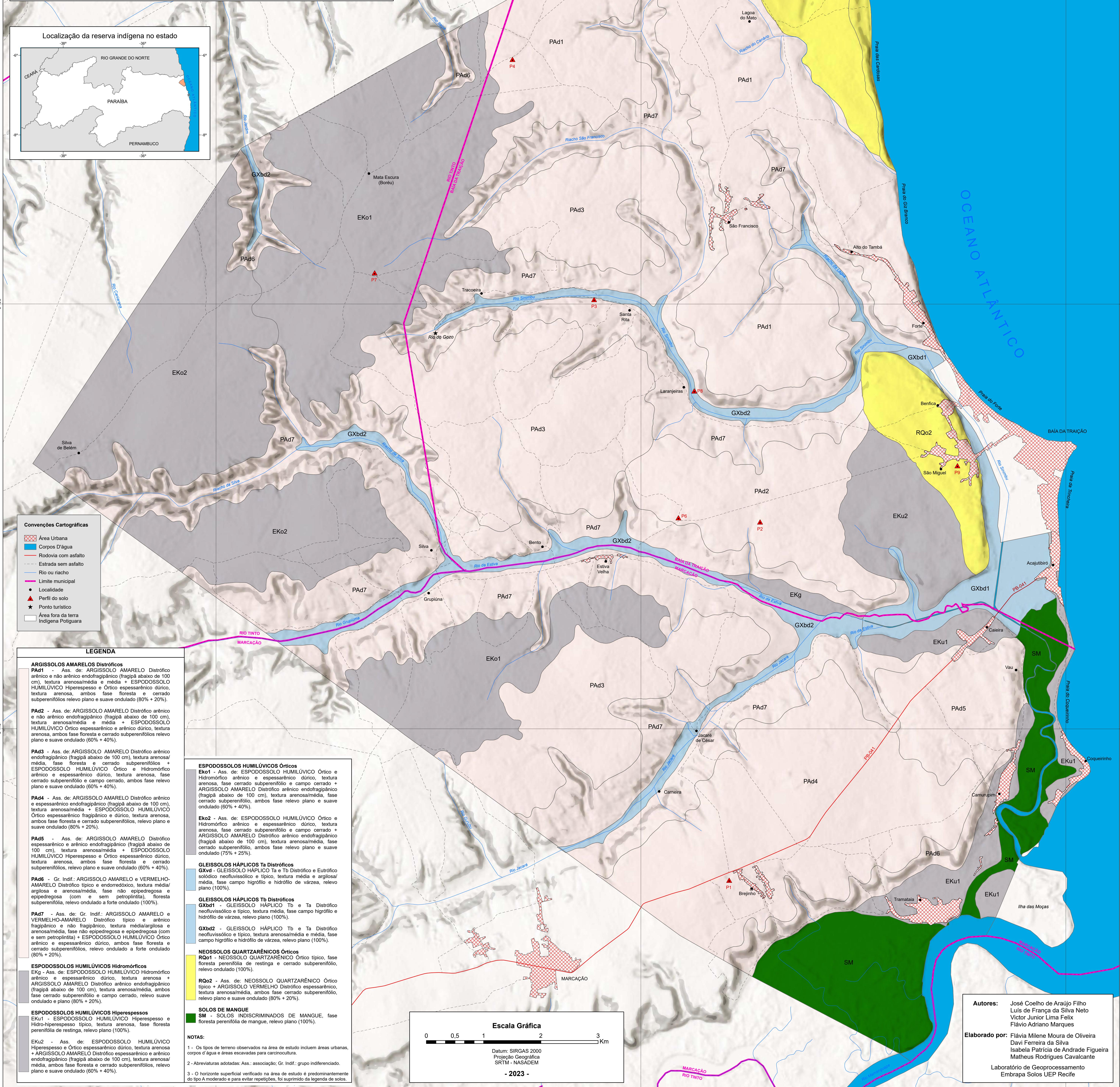
Ekg	Ass. de: ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hidromórfico arênico e espessarênico dúrico, textura arenosa + ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico endofragipânico (fragipã abaiixo de 100 cm), textura arenosa/média, ambos fase cerrado subperenifólio e campo cerrado, relevo suave ondulado e plano	+ ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico endofragipânico (fragipã abaiixo de 100 cm), textura arenosa/média, ambos fase cerrado subperenifólio e campo cerrado, relevo suave ondulado e plano	80% + 20%
ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS Hiperespessos			
EKu1	Ass. de: Gr. Indif.: ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hiperespesso e Hidro-hiperespesso típico, textura arenosa, fase floresta perenifólia de restinga, relevo plano		100%
EKu2	Ass. de: ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Hiperespesso e Órtico espessarênico dúrico, textura arenosa	+ ARGISSOLO AMARELO Distrófico espessarênico e arênico endofragipânico (fragipã abaiixo de 100 cm), textura arenosa/média, ambos fase floresta e cerrado subperenifólios, relevo plano e suave ondulado	60% + 40%
ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS Órticos			
EKo1	Ass. de: ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico e Hidromórfico arênico e espessarênico dúrico, textura arenosa, fase cerrado subperenifólio e campo cerrado	+ ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico endofragipânico (fragipã abaiixo de 100 cm), textura arenosa/média, fase cerrado subperenifólio, ambos fase relevo plano e suave ondulado	60% + 40%
EKo2	Ass. de: ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico e Hidromórfico arênico e espessarênico dúrico, textura arenosa, fase cerrado subperenifólio e campo cerrado	+ ARGISSOLO AMARELO Distrófico arênico endofragipânico (fragipã abaiixo de 100 cm), textura arenosa/média, fase cerrado subperenifólio, ambos fase relevo plano e suave ondulado	75% + 25%
GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distróficos			
GXvd	Ass. de: GLEISSOLO HÁPLICO Ta e Tb Distrófico e Eutrófico solódico neofluvissóllico e típico, textura média e argilosa/média, fase campo higrófilo e hidrófilo de várzea, relevo plano		100%
GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos			
GXbd1	Ass. de: GLEISSOLO HÁPLICO Tb e Ta Distrófico neofluvissóllico e típico, textura média, fase campo higrófilo e hidrófilo de várzea, relevo plano		100%
GXbd2	Ass. de: GLEISSOLO HÁPLICO Tb e Ta Distrófico neofluvissóllico e típico, textura arenosa/média e média, fase campo higrófilo e hidrófilo de várzea, relevo plano		100%

NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órtico			
RQo1	Ass. de: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico	+	ARGISSOLO VERMELHO Distófico espessarênico, textura arenosa/média, ambos fase cerrado subperenifólio, relevo plano e suave ondulado 80% + 20%
RQo2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico, fase floresta perenifólia de restinga e cerrado subperenifólio, relevo ondulado		100%
SOLOS DE MANGUE			
SM	SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE, fase floresta perenifólia de mangue, relevo plano		100%

Compartimentação Ambiental e Seus Potenciais Gerais para Irrigação na Terra Indígena Potiguara

Mapa de Reconhecimento de Alta Intensidade de Solos

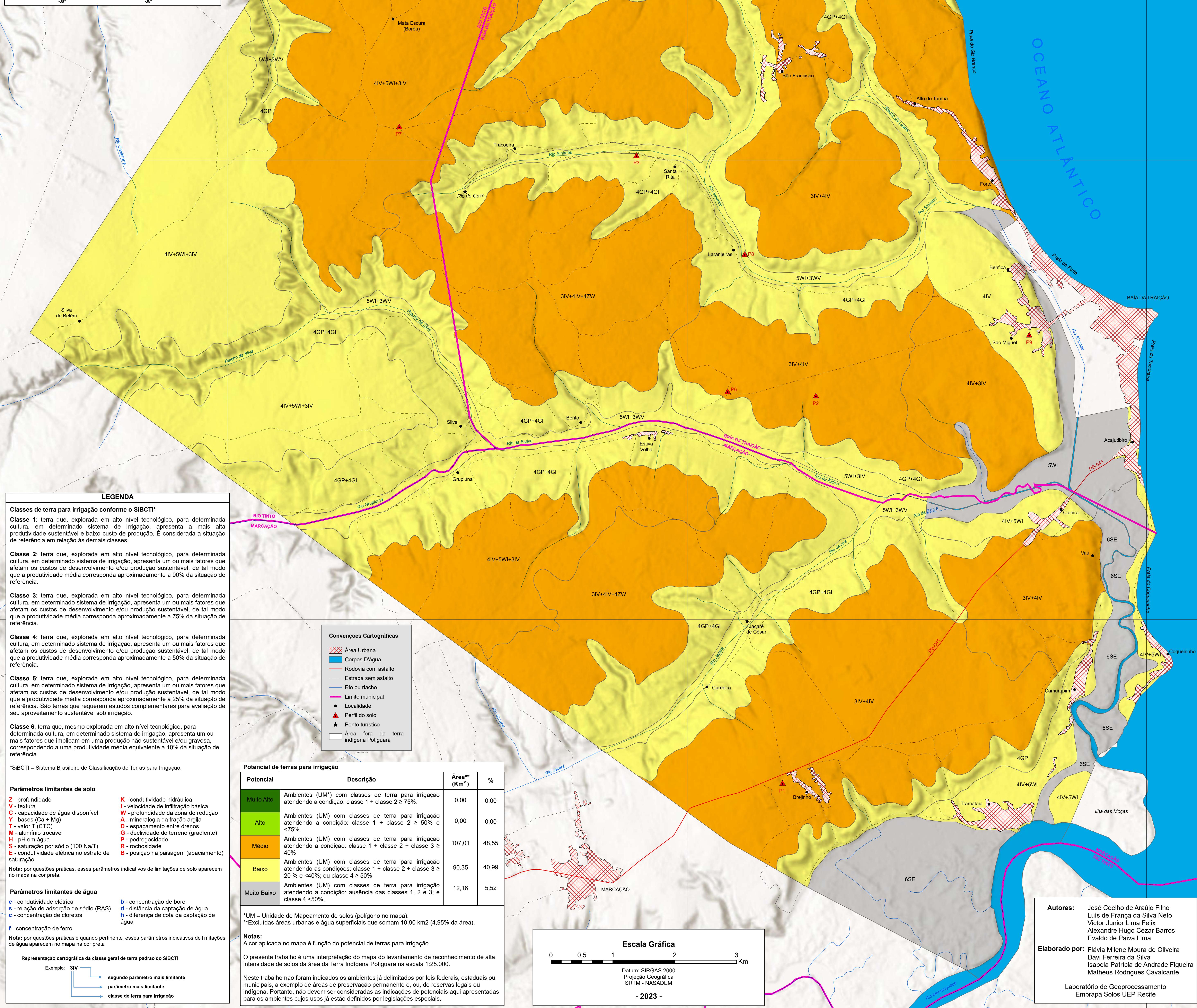
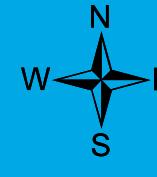
Escala 1:25.000



Compartimentação Ambiental e Seus Potenciais Gerais para Irrigação na Terra Indígena Potiguara

Potencial Geral de Terras para Irrigação

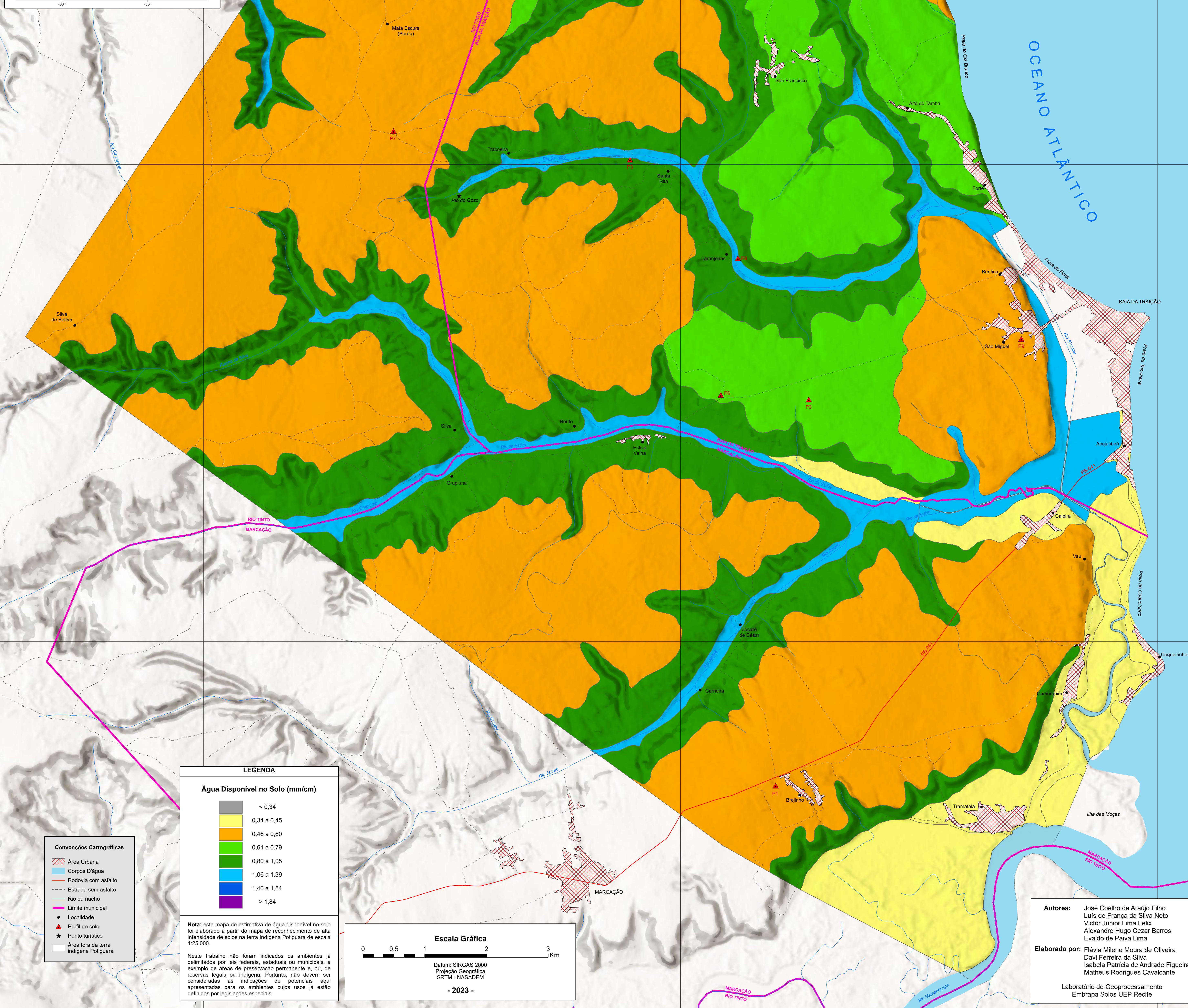
Escala 1:25.000



Compartimentação Ambiental e Seus Potenciais Gerais para
Irrigação na Terra Indígena Potiguara

Estimativa de Água Disponível em Solos

Escala 1:25.000



ANEXOS

ANEXO A: Valores de AD em mm/cm considerando as medianas dos grupamentos texturais de cada classe do solo identificada na terra Indígena Potiguara.

Classe de solo	Grupamento textural	Mediana
ARGISSOLOS – P		
PA Argissolo Amarelo	Arenosa/média	0,85
	Arenosa/média/argilosa	1,04
	Média, Arenosa/argilosa	0,86
	Média/(argilosa-muito argilosa), Média/argilosa, Média/muito argilosa, Média/argilosa/muito argilosa	1,28
ESPODOSSOLOS – E		
EK Espodossolo Humilúvico	Arenosa	0,45
	Arenosa/média	0,87
CHERNOSSOLOS – P		
GX Gleissolo Háplico	Arenosa/média	0,89
	Média, Arenosa/argilosa	1,31
	Média/(argilosa-muito argilosa), Média/argilosa, Média/muito argilosa, Média/argilosa/muito argilosa	1,47
	Argilosa/muito argilosa, muito argilosa	1,71
	Siltosa	2,30
NEOSSOLOS – R		
RQ Neossolo Quartzarênico	Arenosa	0,57

Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 282 – Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil (Embrapa, 2022)

ANEXO B: Cascalhos (2 mm - 2 cm) e critérios para desconto do seu impacto na água disponível (AD).

<i>Classe de Cascalhos</i>	<i>Posição no perfil do solo</i>	<i>% de desconto na AD</i>	<i>Fator (f) de correção na AD</i>
<i>Pouco cascalhenta (8-15%)</i>	Qualquer posição	0	1,00
<i>Cascalhenta (15-50%)</i>	Na maior parte dos primeiros 100 cm	30	0,70
	Dentro dos primeiros 50 cm	15	0,85
	Predominando abaixo de 50 cm	15	0,85
<i>Muito cascalhenta (>50%)</i>	Na maior parte dos primeiros 100 cm	50	0,50
	Dentro dos primeiros 50 cm	25	0,75
	Predominando abaixo de 50 cm	25	0,75

Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 282 – Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil (Embrapa, 2022)

ANEXO C: Pedregosidade (calhaus: 2 cm a 20 cm; e matações 20 cm a 100 cm) e/ou materiais cimentados ocupando 15% ou mais da massa do solo e critérios para desconto do impacto destes materiais na água disponível (AD) do solo.

Atributo	Posição do perfil	% de desconto na AD	Fator (f) de correção na AD
<i>Fase pedregosa</i>	Em todo perfil ou na parte mais superficial do perfil até profundidade > 40 cm	30	0,70
<i>Fase pedregosa e não pedregosa</i>	Em todo perfil ou na parte mais superficial do perfil até profundidade > 40 cm	15	0,85
<i>Fase epipedregosa</i>	Dentro dos primeiros 40 cm	15	0,85
<i>Fase endopedregosa</i>	Abaixo de 40 cm de profundidade	15	0,85
<i>Horizonte litoplíntico e/ou concrecionário</i>	Em qualquer posição no perfil, dentro de 150 cm	30	0,70
<i>Caráter litoplíntico e/ou concrecionário</i>	Abaixo de 40 cm e dentro de 150 cm de profundidade.	15	0,85
<i>Caráter dúrico</i>	Dentro dos primeiros de 150 cm	15	0,85

Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 282 – Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil (Embrapa, 2022)

ANEXO D: Rochosidade (afloramentos de rochas e/ou matações > 100 cm) ocupando 25% ou mais da superfície do terreno e critérios para desconto do seu impacto na água disponível (AD) do solo.

Fase	Descrição	% de desconto na AD	Fator (f) de correção na AD
<i>Fase rochosa</i>	Os afloramentos tornam impraticável a mecanização agrícola e cobrem mais de 25% da área.	30	0,70
<i>Fase rochosa e não rochosa</i>	Os afloramentos ocorrem de forma descontínua na UM, mas tornam impraticável a mecanização agrícola e cobrem mais de 25% da área.	15	0,85

Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 282 – Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil (Embrapa, 2022)

ANEXO E: Sais solúveis e/ou sódio trocável e critérios para desconto dos seus impactos na água disponível (AD)

Atributo	% de desconto na AD	Fator (<i>f</i>) de correção na AD
<i>Caráter salino ($4 \leq CEe < 7 \text{ dS/m}$)</i>	30	0,70
<i>Caráter sálico (nível 1) $7 \leq CEe < 20 \text{ dS/m}$</i>	15	0,85
<i>Caráter sálico (nível 2) $CEe \geq 20 \text{ dS/m}$</i>	15	0,85
<i>Caráter solódico ($6\% \leq PST < 15\%$)</i>	15	0,85
<i>Caráter sódico (nível 1) ($15\% \leq PST < 25\%$)</i>	30	0,70
<i>Caráter sódico (nível 2) ($PST \geq 25\%$)</i>	15	0,85

Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 282 – Avaliação, Predição e Mapeamento de Água Disponível em Solos do Brasil (Embrapa, 2022)