



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Potencial Agrícola e Usos dos Solos na Microrregião de Caxias - Maranhão – Brasil

Ludimila Nathasha da Silva Jansen, Marcelino Silva Farias Filho, Milton César Costa Campos

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) Área: Ambiente e Análise Espacial. E-mail: ludimila.jansen@discente.ufma.br (correspondente)

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) e-mail: marcelino.farias@ufma.br

Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo (PPGCS/DSE/CCA/UFPB), e-mail: mcesarsolos@gmail.com

Artigo recebido em 06/01/2023 e aceito em 22/05/2023

RESUMO

O uso adequado do solo possibilita o desenvolvimento de sistemas produtivos mais estáveis e evita ou minimiza os impactos ambientais negativos. Para que se alcance o melhor uso do solo é necessário conhecer seus atributos, potencialidades e limitações para definição das atividades apropriadas para cada particularidade. A Microrregião de Caxias, localizada ao Leste do Maranhão, apresenta significativa variabilidade de solos. Assim, este trabalho analisou o potencial agrícola dos solos da área de estudo a partir dos dados sobre solos descritos no Zoneamento Econômico do Maranhão (etapa Cerrado) - 2020, totalizando 18 perfis, com objetivo de indicar os tipos de manejos adequados para cada uma das condições ambientais. Para isto, utilizou-se a metodologia de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras - SAAT, definida por fatores limitantes: deficiência de oxigênio, deficiência de fertilidade, deficiência de água, suscetibilidade e impedimentos à mecanização, com adição de parâmetros (disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio, fixação de fósforo) propostos por Pereira e Lombardi Neto. Como resultados, verificou-se 47% dos solos da Microrregião de Caxias são indicados para pastagem natural no nível de manejo A, com aptidão Boa para lavouras no nível de manejo C, seguido de aptidão Boa para pastagem regular.

Palavras-chave: Potencial Agrícola. Uso do Solo. Solos de Caxias, Cerrado.

Agricultural Potential and land use in the microregion of Caxias- Maranhão – Brazil

ABSTRACT

The adequate use of the soil enables the development of more stable productive systems and avoids or minimizes negative environmental impacts. In order to achieve the best use of the soil, it is necessary to know its attributes, potentials and limitations to define the appropriate activities for each particularity. The Immediate Geographic Region of Caxias, located in the East of Maranhão, presents significant soil variability. Thus, this work analyzed the agricultural potential of the soils in the study area based on the soil data described in the Economic Zoning of Maranhão (Cerrado stage) - 2020, totaling 18 profiles, in order to indicate the types of appropriate management for each of the environmental conditions. For this, we used the SAAT methodology, defined by limiting factors: oxygen deficiency, fertility deficiency, water deficiency, susceptibility and impediments to mechanization, with the addition of parameters (nutrient availability, aluminum toxicity, phosphorus fixation) proposed by Pereira and Lombardi Neto. As results, it was found that 47% of the soils of the Immediate Geographic Region of Caxias are suitable for natural pasture at management level A, with Good suitability for crops at management level C, followed by Good suitability for regular pasture.

Key words: Agricultural Potential, Land Use, Caxias Soils, Cerrado.

Introdução

O solo é um elemento que compõe a paisagem e nele que ocorrem diversas interações (físicas, químicas e biológicas) que se expressam em inúmeros atributos moldados a partir do material de origem, organismos, clima, relevo e tempo, sendo um

dos recursos naturais essenciais para a manutenção dos ecossistemas e necessário para a existência de vida (Oliveira Junior et al., 2019). Ao decorrer do tempo, observa-se que a degradação dos solos ocorre em decorrência de usos em discordância com as suas

potencialidades em diferentes áreas do planeta, especialmente a partir do manejo inadequado da agricultura, pecuária e setor madeireiro. Por outro lado, o crescimento agropecuário e florestal em países como o Brasil, vem exigindo cada vez mais uso de técnicas que minimizem os impactos ocasionados por essas práticas.

Quanto ao uso do solo para agricultura, pecuária e florestas plantadas, é importante o conhecimento sobre os atributos dos solos, afim de estabelecer e situar limites entre diferentes unidades, permitindo a correlação e as adaptabilidades dos solos frente a diversas culturas, possibilitando prever o comportamento e produtividade sob diferentes usos e manejos (Silveira et al., 2020; Vieira et al., 2022). Para isto, é necessária a adoção de sistema de classificação que verse sobre seus atributos e suas potencialidades para que se possa alcançar o seu melhor manejo. Assim, o conhecimento sobre aptidão do solo é um fator importante para determinar a capacidade de uso para atividades humanas, bem como a preservação e manutenção e aumento da capacidade produtiva agrícola ao longo do tempo.

Neste contexto, o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras - SAAT (Ramalho Filho e Beek, 1995) é uma importante ferramenta para a avaliação da aptidão dos e conservação do solo. O sistema classifica os solos em classes de aptidão, de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas. Isso permite que sejam identificadas as áreas para práticas agrícolas com maior eficiência e sustentabilidade, levando em consideração as limitações e potencialidades do solo.

Arelado aos estudos de solos, o uso de geotecnologias tem sido uma importante ferramenta para reconhecimento e espacialização da classificação exemplificada, assim como para monitoramento de diversas atividades agrícolas (Guedes et al., 2018). Um dos instrumentos que auxiliam nessa perspectiva é o software QGIS que é uma ferramenta para síntese e manipulação de informações concernentes ao espaço geográfico e tem e configurado como uma grande ferramenta para estudos em diversas esferas, uma vez que permite apoio ao levantamento, caracterização e espacialização de determinados fenômenos, além de ser um *software* gratuito resultante de um projeto da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), com interface gráfica simples, de código aberto licenciado com a Licença Pública Geral GNU (QGIS, 2022).

O estado do Maranhão apresenta uma grande área territorial ocupada com atividades agropecuária e florestal. O Leste Maranhense é uma região de

grande importância agrícola no Estado, caracterizada por extensas áreas de cerrado que, atrelado a outros fatores ambientais, oferecem condições para diversos usos e tipos de cultivos (IBGE, 2020).

Nos últimos anos, a agricultura nessa região tem se expandido rapidamente, incluindo principalmente a microrregião de Caxias, que concentra suas atividades econômicas, relacionadas ao uso da terra, na agropecuária e exploração vegetal e proporciona em média 2% da produção estadual (IBGE, 2017). A área apresenta grande variabilidade de solos, incluindo aqueles com elevada fertilidade, como os Chernossolos e Luvisolos. Entretanto, quando subutilizados, podem sofrer impactos ambientais, bem como na produtividade e na qualidade das culturas e resultar em prejuízos socioeconômicos. No entanto, esse avanço agrícola, em especial na área de estudo, tem trazido consigo uma série de problemas ambientais e sociais, como a conversão de áreas de cerrado em áreas de monocultura, o que pode levar à perda de biodiversidade, empobrecimento e erosão dos solos, contaminação de rios e lençóis freáticos com agrotóxicos e fertilizantes, entre **outros** (IMESC, 2021).

Pesquisas sobre potencialidades e uso do solo são fundamentais para a área de estudo, uma vez que boas práticas de manejo resultam na redução do revolvimento do solo, se configurando como uma alternativa para minimizar os efeitos negativos, e favoráveis para a conservação dos solos. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo principal mapear os solos e classificar os seus potenciais agrícolas a partir do Sistema de Aptidão Agrícola da Terra, metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek (1995), com a adição de alguns critérios para os atributos considerados nesta análise (disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio e fixação de fósforo, pedregosidade e rochiosidade) propostos por Pereira e Lombardi Neto (2004), além do zoneamento das áreas com potencial agrícola, e proposição de alternativas para do manejo conforme as particularidades dos solos estudados.

Metodologia

Área de Estudo

A microrregião de Caxias está situada na porção Leste do estado do Maranhão e agrega os municípios de Caxias, Buriti Bravo, Matões, Parnarama, São João do Soter e Timon, faz divisa com as microrregiões de Chapadas das

Mangabeiras, Médio Mearim, Leste Maranhense e Baixada Maranhense. (IBGE, 2017) (Figura 01).

Apresenta topografia plana, marcada por extensões, com altitudes que variam de 50 a 150 metros e apresenta características fitofisionômicas de cerrado, matas e áreas de babaçuais, sendo orientada pelo Médio e Baixo Vale do rio Itapecuru, estando inserida nas bacias hidrográficas

do rio Itapecuru, rio Munim e rio Parnaíba. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical (AW') com dois períodos bem definidos: um chuvoso de janeiro a julho e outro seco, compreendendo os meses de agosto a dezembro (Bandeira, 2013).

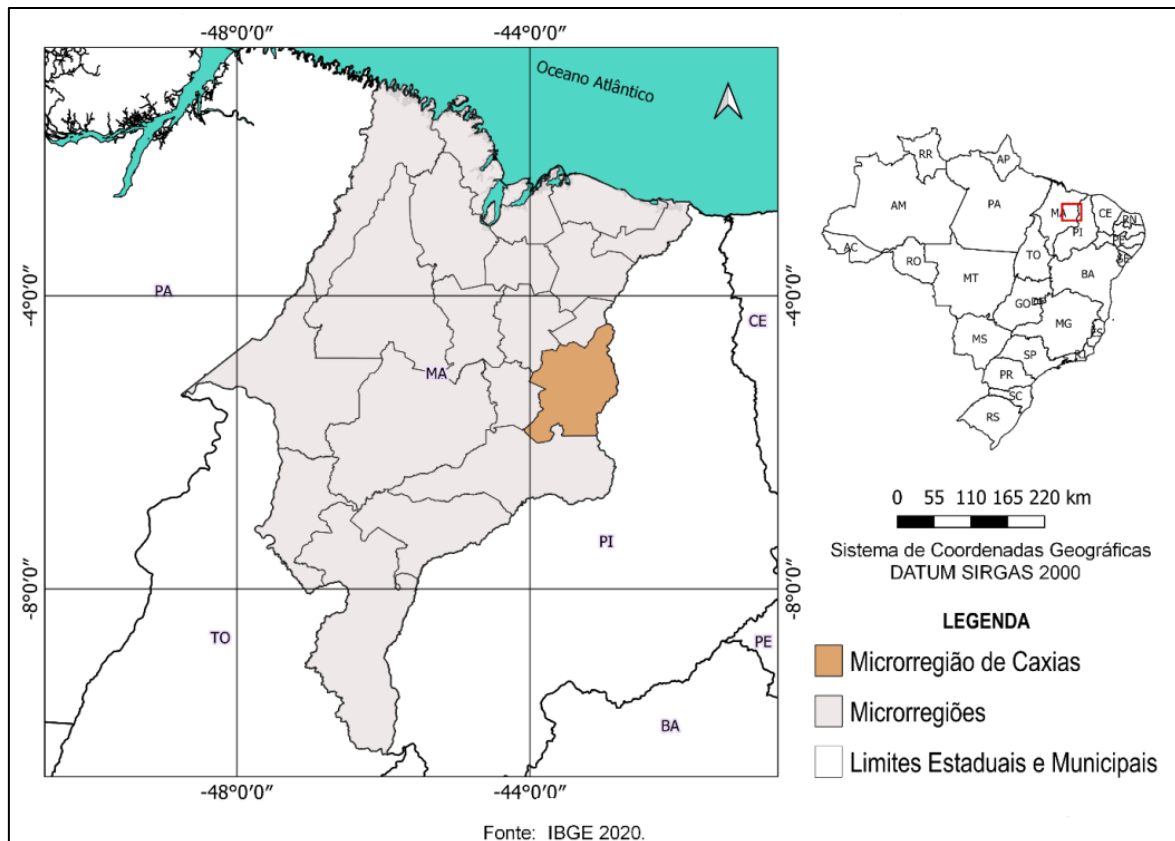


Figura 01. Localização geográfica da área de estudo: microrregião de Caxias, MA -Brasil.

A microrregião de Caxias apresenta uma extensão de 15.330,211 km² que correspondem a 4,6% do território do estado do Maranhão. Quanto às suas atividades econômicas, somando todas as atividades relacionadas ao uso da terra, agropecuária e exploração vegetal, a microrregião proporciona em média 3% da produção estadual (IBGE, 2020).

A área de estudo está inserida entre as Bacias do Parnaíba, Alpercatas e Grajaú. A litologia da região, de acordo com os dados do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, se configura por uma grande porção inserida na Formação Piauí, que se divide em duas sucessões: a inferior, formada por arenitos médios com estratificação cruzada, intercaladas por folhelho vermelho, e a

superior que é composta por arenitos finos a médios, de coloração variada entre as cores vermelha a amarelada, intercalada por folhelho vermelho, calcário e uma camada fina de sílex; Formação Corda, que é composta de arenitos vermelhos, castanho-avermelhados, muito finos/finos e médios, seleção regular a boa, semifriáveis a semicoesos, além de ricos em óxidos de ferro e zeólita e raros níveis de sílex (CPRM, 2012).

A área apresenta ainda a Formação Motuca, formada no Permiano, também conhecida como Sambaíba. Tem como características seus folhelhos avermelhados e é constituída por siltitos e argilitos vermelhos intercalados com estratificação plano-paralela, além de arenitos que

variam de finos a muito finos; a Formação Pedra de Fogo, oriunda de depósitos em ambientes marinho raso a litorâneo, sendo caracterizada pela presença de calcário, rochas sílex, intercalados com arenito fino a médio, siltito e folheto, anidrita ou dolomita; além da presença, em menor proporção, dos Depósitos Aluviais Eólicos e Lateríticos, da Formação Codó, Itapecuru, Depósitos Aluvionares, Pastos Bons, Sardinha e Piauí (CPRM, 2012; Bandeira, 2013).

Os solos da microrregião de Caxias, de acordo com a classificação da Embrapa (2018) são: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico, Neossolo Flúvico Ta Eutrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, Plintossolo Háptico Distrófico, Plintossolo Pétrico Concrecionário. Segundo Araújo et al. (2021) foram encontrados ainda os Cambissolos Hápticos, Chernossolos Rêndzicos e Luvisolos Crômicos.

Procedimentos Metodológicos

Os dados utilizados neste artigo são oriundos do Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão – Biomas Cerrado e Costeiro (MA, 2021), em que foram realizadas descrições de 223 perfis de solos no bioma Cerrado, dos quais 24 perfis analisados estão situados na área de estudo e avaliados na presente pesquisa.

As amostras dos solos no projeto ZEE foram coletadas em diferentes áreas previamente selecionadas a partir atributos geoambientais identificados por imagens de radar e a partir de levantamentos em campo. Os procedimentos de descrição de perfis e coleta de amostras foram realizados conforme o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos et al., 2015) e de acordo com as normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), enquanto as análises químicas e físicas foram realizadas no laboratório de análises de solos da Embrapa Amazônia Oriental, conforme os métodos apresentados no Manual de Métodos de Análise de Solos (Texeira et al., 2017).

A partir dos atributos morfológicos, físicos e químicos, foi aplicada classificação interpretativa segundo o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAT), proposta por Ramalho Filho & Beek (1995) que leva em consideração atributos das terras, solo, vegetação, clima e geomorfologia, dividida em três níveis de manejo: A – Baixo: sem aplicação de capital, uso principalmente braçal, onde o produtor não utiliza nenhum tipo de recurso, como adubo, ou correção

do solo; B – Médio: aplicação de capital, mecanização somente no preparo do solo há necessidade de investimento para a produção, ou seja, com adubação e técnicas simples de correção, melhoramento do solo; C – Alto: com a necessidade de aplicação de capital de modo intensivo, mecanização intensiva e/ou uso de sistemas tenrificados e técnicas sofisticadas para uso do solo.

Além disso, a metodologia utilizada apresenta seis grupos de aptidão agrícola, que representam a maneira de uso das terras conforme sua aptidão, classificado como: lavoura, pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural, finalizando com áreas destinadas à preservação da fauna e flora, quatro classes de aptidão, sendo estas: Classe Boa – referente a terras sem limitações expressivas para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, analisando o nível de manejo. As restrições, quanto seu uso, são mínimas, não reduzem a produtividade e/ou os benefícios, bem como não aumentam os insumos acima de um nível aceitável;

Classe Regular – referente a terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentável de um determinado tipo de utilização, analisando as condições do manejo 25 considerado. As restrições presentes reduzem a produtividade ou os benefícios, aumentando a necessidade de insumos para garantir as vantagens globais a serem obtidas com o uso;

Classe Restrita – terras que apresentam fortes limitações quanto a produção sustentável de uma determinada utilização, analisando as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou aumentam os insumos necessários, de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente;

Classe Inapta – referente a terras que apresentam condições que parecem excluir a produção sustentável do tipo de utilização considerado. Trata-se de terras ou paisagens pertencentes nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas, como também para proteção de áreas contíguas agricultáveis.

Foram utilizados para análise dos fatores limitantes das unidades de mapeamento de solos, preestabelecidos no quadro-guia para região subtropical (deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio, susceptibilidade à erosão, impedimentos à mecanização), parâmetros adicionais que são: disponibilidade de nutrientes,

toxicidade por alumínio e fixação de fósforo, pedregosidade e rochosidade. Estes parâmetros foram propostos por Pereira e Lombardi Neto (2004). Portanto, os dados químicos e morfológicos dos solos, as classes de declividade, juntamente com os fatores limitantes anteriormente descritos, constituíram os dados de entrada - ou temas de informações - no SIG.

Para os levantamentos dos atributos quanto à suscetibilidade a erosão e impedimentos à mecanização, foram utilizados os dados o mapeamento da declividade em percentual do relevo brasileiro do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que foi realizado a partir do mosaico de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), empregando como referência a classificação da declividade das formas de relevo adotada pelo IBGE (2020): Plano 0 a 3%; Suave ondulado 3 a 8%; Ondulado 8 a 20%; Forte ondulado 20 a 45%, Montanhoso 45 a 75% e Escarpado > 75%. Assim, foi utilizada a folha SB-23 e, posteriormente, realizado o recorte da imagem com o arquivo vetorial da área de estudo, com auxílio de software livre / open source QGIS (VERSÃO 3.16), ferramenta de geoprocessamento também utilizada para elaboração dos mapas de uso e aptidão dos solos, a partir do cruzamento do mapa correspondente com os mapas temáticos de unidades de paisagem e relevo, juntamente com os levantamentos alcançados a partir do SAAT (Figura 02).

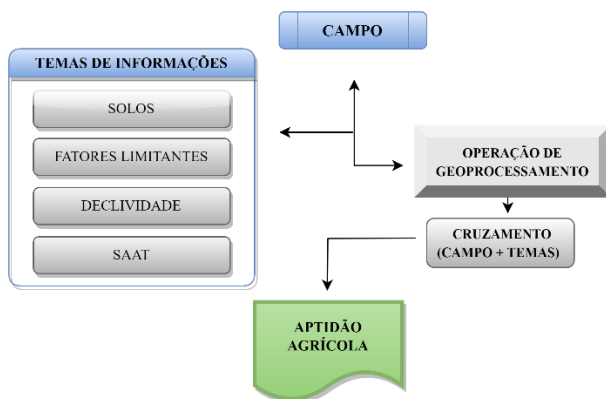


Figura 02 - Esquema da metodologia para aptidão agrícola da área de estudo e uso do geoprocessamento para espacialização dos dados da área de estudo.

Para elaboração do mapa de aptidão dos solos, levou-se em consideração apenas os perfis

inseridos na microrregião de Caxias que apresentam dados classificação nos dados vetoriais de solos realizado no ZEE – 2021, pelo IMESC (2021), se estendendo a classe de aptidão para toda a mancha de solo, uma vez que a quantidade de perfis levantadas foram previamente definidas para atender a porcentagem de amostragem em relação a mancha de solo antecipadamente levantada.

Resultados e discussão

Mapeamento dos solos da Microrregião de Caxias

A classe de distribuição mais ampla na área de estudo é a dos Latossolos Amarelos, ocupando vastas porções do território analisado, coincidindo com as áreas de maior cota altimétrica e de relevo plana a suave ondulado (Tabela 01; Figura 03).

O domínio da classe de Latossolos tem despertado o recente interesse de sojicultores que vêm adquirindo ampla propriedade para expansão das áreas de produção já instaladas em muitos municípios maranhenses, com algumas áreas experimentais já instaladas na área de estudo em análise, evidenciadas ainda pelo impulsionamento dessas atividades agrícolas em detrimento também dos investimentos aos setores de infraestrutura viária, logística e energética, além da alta capacidade de armazenamento de água e nutrientes, boa fertilidade, o que os torna aptos para a produção de diversas culturas, como soja, milho, algodão, arroz e feijão. (IMESC, 2016; Araújo et al., 2021). Sousa et al. (2022) corrobora nesse contexto sobre os latossolos que a adoção de práticas como sistemas de plantio direto e a manutenção da cobertura do solo com matéria orgânica, são medidas eficazes para preservação das propriedades físicas e químicas do solo, resultando em um aumento do seu potencial produtivo.

Os Latossolos Amarelos são os solos mais representativos na microrregião de Caxias correspondente a 48% da área, seguido dos Plintossolos Pétricos (36%), totalizando uma área de 12791,029 km². Os Plintossolos Argilúvicos representam 5%, seguido dos solos Neossolos Flúvicos (3%) e Neossolos Quartzarênicos (3%). Os demais solos somam 5% da área total (Tabela 01; Figura 03).

Tabela 1 – Extensão da Classes de solos predominantes presentes na microrregião de Caixas, MA - Brasil.

Unidade de Mapeamento dos Solos	Classificação taxonômica dos solos (Subordens)	Área Mapeada (Km²)	%
PVA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	110,328	0,007
PAC	ARGISSOLO ACINZENTADO	160,773	0,010
Lad	LATOSSOLO AMARELO	7289,434	0,475
LVd	LATOSSOLO VERMELHO	114,269	0,007
RYve	NEOSSOLO FLÚVICO	420,012	0,027
RLd	NEOSSOLO LITÓLICO	342,297	0,022
Rqo	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO	535,593	0,035
FTd	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO	817,551	0,053
FXd	PLINTOSSOLO HÁPLICO	36,85	0,002
Total		15330,053	

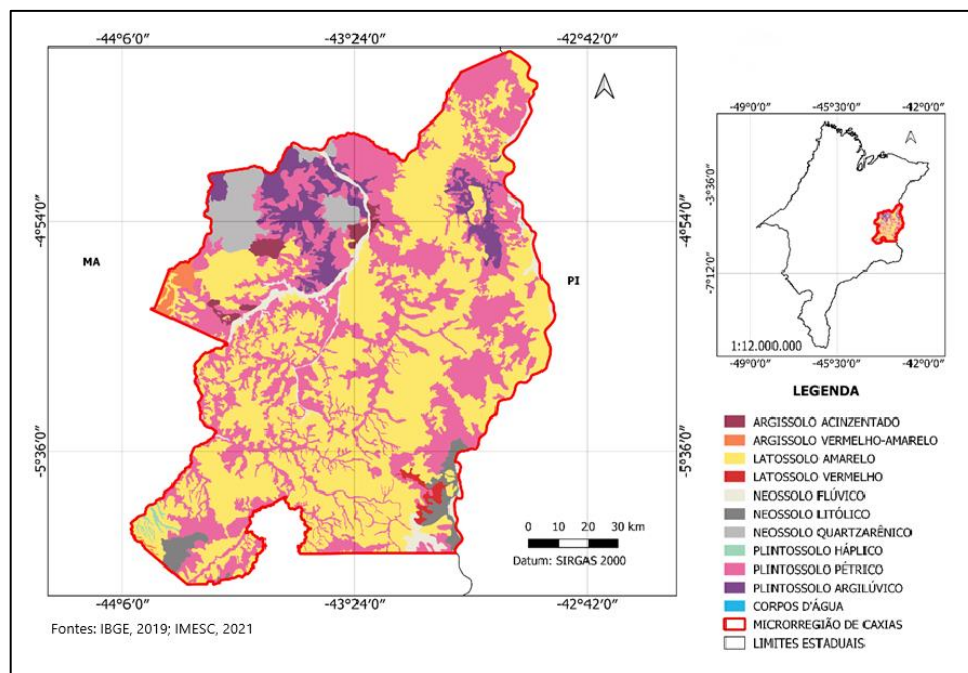


Figura 03: Mapa das Classes de solos predominantes na Microrregião de Caxias, MA.

Os Argissolos que compõe uma das classes dominantes na área de estudo apresentam solos bem drenados e apresentam como das características principais um aumento acentuado de argila no horizonte superficial “A” para o subsuperficial “B”, horizonte de acúmulo de argila, B textural (Bt), demonstrando a nítida diferenciação entre os seus horizontes (Santos et al., 2018). Comumente apresentam suscetibilidade à erosão quando o seu gradiente textural é acentuado, principalmente quando encontrados em relevos com declives acentuados. Além disso são solos com fertilidade natural predominantemente baixa. No entanto, em pequena parcela na área de estudo, apresenta solos com fertilidade química natural devido apresentar

saturação por bases trocáveis superior a 50%, o que os configuram como solos eutróficos (Araújo et al., 2021).

Essas áreas apresentam atividades agrossilvopastoris com a utilização de insumos agrícolas para melhoramento das condições dos solos, uma vez os argissolos quando na forma de textura média/argilosa e argilosa com amplo predomínio do óxido de ferro goethita.

Apresentam boas indicações para atividades agrícolas pela capacidade de retenção de água e reservas de minerais, o que os torna aptos ainda para produção de fruticulturas. Contudo, é necessário avaliar o manejo eficaz para estes solos, como discutido Barbosa et al., (2022), que a partir

da análise das propriedades físico-hídricas no cerrado maranhense abordou como os sistemas plantio direto, combinado com a integração lavoura-pecuária, adotado em solos coesos e arênicos, podem ser é mais eficiente em melhorar a qualidade física do solo, quando comparados ao uso exclusivo em plantio direto, sendo um sistema pode aumentar significativamente a capacidade de água disponível para as plantas.

Os Neossolos, que são um dos solos de maior ocorrência no Brasil, podem ser encontrados, embora em menor escala comparado aos demais solos dominantes na região de estudo, são solos construídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, menos de 20 cm, sem a presença de algum tipo de horizonte B diagnóstico. Apresentam grandes alterações quanto ao seu material originário pela baixa intensidade de ação dos processos pedogenéticos, seja possivelmente pela resistência do material de origem ou pela resistência maior ao intemperismo quantos aos fatores de formação (Clima, tempo, relevo), que favorecem ou limitam a evolução dos solos (Santos et al., 2018).

Na área de estudo podem ser encontrados Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico e o Neossolo Quartzarênico. Embora se observe os avanços das atividades agrossilvopastoris na região de estudo, há necessidade de manejo apropriado para os Neossolos, uma vez que comumente apresentam restrições às atividades agrícolas e silvicultura pelas características químicas e físicas, como pelas pequenas profundidades e por apresentar pedregosidade o que interferem na penetração e a

exploração de água e nutrientes pelas raízes de plantas.

No entanto, em suas pesquisas sobre neossolos quartizarênicos no leste maranhense, Ramos et al. (2023) considera que, embora esses solos apresentem baixa aptidão agrícola, a adoção de práticas de manejo do solo que visem a preservação e o aumento do estoque de carbono orgânico podem elevar o seu potencial produtivo em curto prazo e garantir a sustentabilidade do uso do solo em diferentes tipos atividades.

Neste contexto, em estudos apresentados pelo IMESC (2019) reforça o uso de elevado nível tecnológico na agricultura como instrumento para práticas agrícolas modernas no Estado. Todavia, as agriculturas de baixo nível tecnológico ainda são comuns no Estado, como a agricultura de corte e queima (roça ou agricultura tropical), que é definida pelo baixo uso de insumos, sendo visto com ressalvas no âmbito da qualidade ambiental.

Aptidão agrícola dos solos na microrregião de Caxias

Na microrregião de Caxias há significativa variabilidade de solos, dos 24 perfis do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão -MA (ZEE Cerrado – MA, 2020 e 2021) identificados e coletados na microrregião de Caxias, 18 apresentaram os dados completos, tanto morfológicos quanto físicos e químicos, o que possibilitou a aplicação do SAAT. Na tabela abaixo 02 destacam-se os perfis dos solos presentes na área de estudo.

Tabela 2 - Perfis do projeto ZEE Cerrado – MA (2021) situados na microrregião de Caixas, MA.

Perfis	Município	Classificação Taxonomica até o 4º nível categórico (Subgrupo)
Perfil – 30	São João do Soter	ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico Plintossólico
Perfil – 41	Buriti Bravo	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico espesso húmico
Perfil – 42	Buriti Bravo	ARGISSOLO VERMELHO Alumínio Nitossólico
Perfil – 44	Parnarama	LATOSSOLO AMARELO Distrófico espesso-húmico
Perfil – 45	São João do Soter	ARGILOSOLO VERMELHO Distrófico Latossólico
Perfil – 46	São João do Soter	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Húmico
Perfil – 47	São João do Soter	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Latossólico
Perfil – 48	Parnarama	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Espesso-Húmico
Perfil – 49	Matões	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico
Perfil – 50	Matões	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Psamítico
Perfil – 51	Matões	LATOSSOLO AMARELO Distrófico Húmico
Perfil – 52	Parnarama	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico latossólico
Perfil – 53	Matões	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico
Perfil – 54	Matões	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico fragmentário
Perfil – 55	Timon	CHERNOSSOLO RÊNDZICO Lítico fragmentário
Perfil – 56	Timon	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrupto
Perfil – 57	Timon	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico
Perfil – 58	Caxias	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Húmico

No quadro 01 encontram-se os graus de limitações considerados para cada um dos fatores limitantes, com base na metodologia de Ramalho Filho e Beek (1995) e Pereira e Lombardi Neto (2004), aplicadas nos 18 perfis inseridos na área de estudo, usando como base os atributos físicos e químicos desses perfis coletados.

Desta maneira, para classificação do subgrupo de aptidão agrícola, foram utilizados os atributos diagnósticos que são os cinco parâmetros usados para avaliar as condições agrícolas das terras (Quadro 01), sendo estes atributos:

f - deficiência de fertilidade, seja por disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio e/ou fixação de fósforo propostos por Pereira e Lombardi Neto (2004);

w - deficiência de água;

o - deficiência de oxigênio;

e - susceptibilidade à erosão;

m - impedimentos à mecanização, para identificar as principais limitações

A aplicação do método, expresso no quadro 02, possibilitou análise detalhada por nível de manejo em que é possível o emprego de recursos tecnológicos para melhoramento das terras com a evolução do nível A para o nível C, o que viabiliza atividades produtivas em conformidade com o potencial dos solos e economicamente sustentáveis.

Ao analisar as aptidões pelos três níveis de manejo foi observado que dos 18 perfis analisados, quanto ao nível de manejo A, 33,3 % apresentam aptidão Boa para pastagem natural, 38,9% Regular para pastagem natural, 5,5% Restrito para

pastagem natural, 16,6 Inapto para pastagem natural e 5,5% foram classificados com aptidão Restrita para lavoura nesse nível de manejo.

No nível de manejo B observou que 22% dos solos foram classificados com aptidão Boa para silvicultura, 5,5% Regular para pastagem plantada, 11% com aptidão Boa para pastagem plantada. 5,5 % dos perfis apresentaram ainda aptidão Regular para lavoura, uma expressiva porcentagem de 33,3% apresentou aptidão Restrita para lavoura e 11% foram classificados como inaptos para atividades de lavoura, podendo utilizar para atividades menos intensivas.

No nível de manejo C, há a predominância de terras na classe de aptidão Boa para lavoura e silvicultura, em que 22,2% dos solos obtiveram aptidão Boa para silvicultura, 11,1% apresentaram aptidão Boa para pastagem plantada, 50% apresentaram aptidão Boa para lavoura, 11,1% dos perfis foram classificados como inaptos para lavoura, porém podendo ser também destinados para preservação da fauna e flora, e 5,5 % Restrito para lavoura.

A quantidade de solos que apresentou uma classificação Boa para Lavoura no nível de manejo C justifica-se não somente pelas condições naturais como seus atributos físicos e químicos, embora sejam solos distróficos, como pela possibilidade da aplicação de capital, uso de tecnologias e insumos, o que admite a diminuição das limitações existentes na terra e o aumento das áreas produtivas na região estudada (Silveira et, al., 2020; Araújo et al., 2021).

Quadro1 Avaliação da aptidão agrícola das terras correspondente aos perfis de solos da microrregião de Caixas, MA.

Perfil	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Suscetibilidade à Erosão			Impedimento à Mecanização			Subgrupo de Aptidão			Subgrupo de Aptidão
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
30	F	M	M	M/F	M/F	M/F	M	M	M	M/F	M/F	M/F	L	L	L	5n	-	5S	5Sn
41	M/F	M/F1	M1	N	N	N	N	N	N	L	L1	N	L	L	L	5N	5S	4P	4P
42	F	L1	N	N	N	N	M	L	L	M	L	L	N	N	N	5n	5S	5S	5Sn
44	M/F	M/F1	M/F1	N	N	N	N	N	N	M	M	M	M	M	L	5(n)	5N	4P	4P
45	F	L1	N2	L	L	L	M	M1	M1	L	L	L	M	M	M	5n	4p	2(c)	3(a)(b)(c)
46	F	L1	N2	L	L	L	N	N	N	L	N1	N1	L	L	L	5n	5S	5S	5Sn
47	F	M1/F1	M1/F1	N	N	N	L	L	L	N	N1	N	N	N	N	5n	5S	5S	5Sn
48	M/F	L1	N2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5N	2(b)	1C	1bC
49	M/F	L1	N2	L	L	L	N	N	N	L	L	L	N	N	N	5N	2(b)	1C	1bC
50	M/F	M/F	M/F	L	L	L	N	N	N	F	F	F	L	L	L	-	2(b)	1C	2(b)c
51	M/F	F	L2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	2(b)	1C	2(b)c
52	M	L1	N2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5N	2(b)	1C	1bC
53	M/F	F1	L2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5n	2(b)	1C	1bC.
54	M/F	M/F	M/F	N	N	N	M	M	M	N	N	N	M	M	M	5N	-	-	6
55	N	N	N	L	L	L	L	L	L	N	N	N	N	N	N	1(a)	1b	1C	1(a)BC
56	M	L1	N2	L	L	L	M	M	M	L	L	L	N	N	N	-	5N	1C	2(b)c
57	M/F	M1	L2/M2	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5n	4P	-	4P
58	M/F	M1	L2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	5N	4P	1C	1C

Pa aptidão agrícola da terra na microrregião de Caxias

A partir da aplicação do SAAT para obtenção da aptidão agrícola dos perfis em questão, foi possível elaborar o mapa de aptidão agrícola das

manchas de solos dominantes presentes na microrregião de Caxias (Figura 04). Ressalta-se que, devido ausência de dados morfológico, físicos e químicos, não foi possível realizar aplicação do SAAT para os solos presentes na região, sendo

estes os Plintossolo Argilúvico, Plintossolo Háplico, Neossolo Flúvico, sendo representada como “Solos não Classificados”.

Os solos classificados para 2(b)c, regulares para Lavoura são os de maiores extensões na classe de aptidão apresentada, sendo estes os Latossolos Amarelos com uma área total de 745746,61 ha (52%), seguido dos solos com aptidão (5Sn), com os Plintossolos Pétricos, o de maior extensão nessa

classe de aptidão, Neossolos Litólicos e Argissolos Acinzentados, que somados apresentam uma extensão de 603.156,26 ha e expressam 41% da área de estudo. As áreas destinadas para Pastagem natural (4P) envolvem os solos Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico com uma área total de 72.953.402 ha (5,1%).

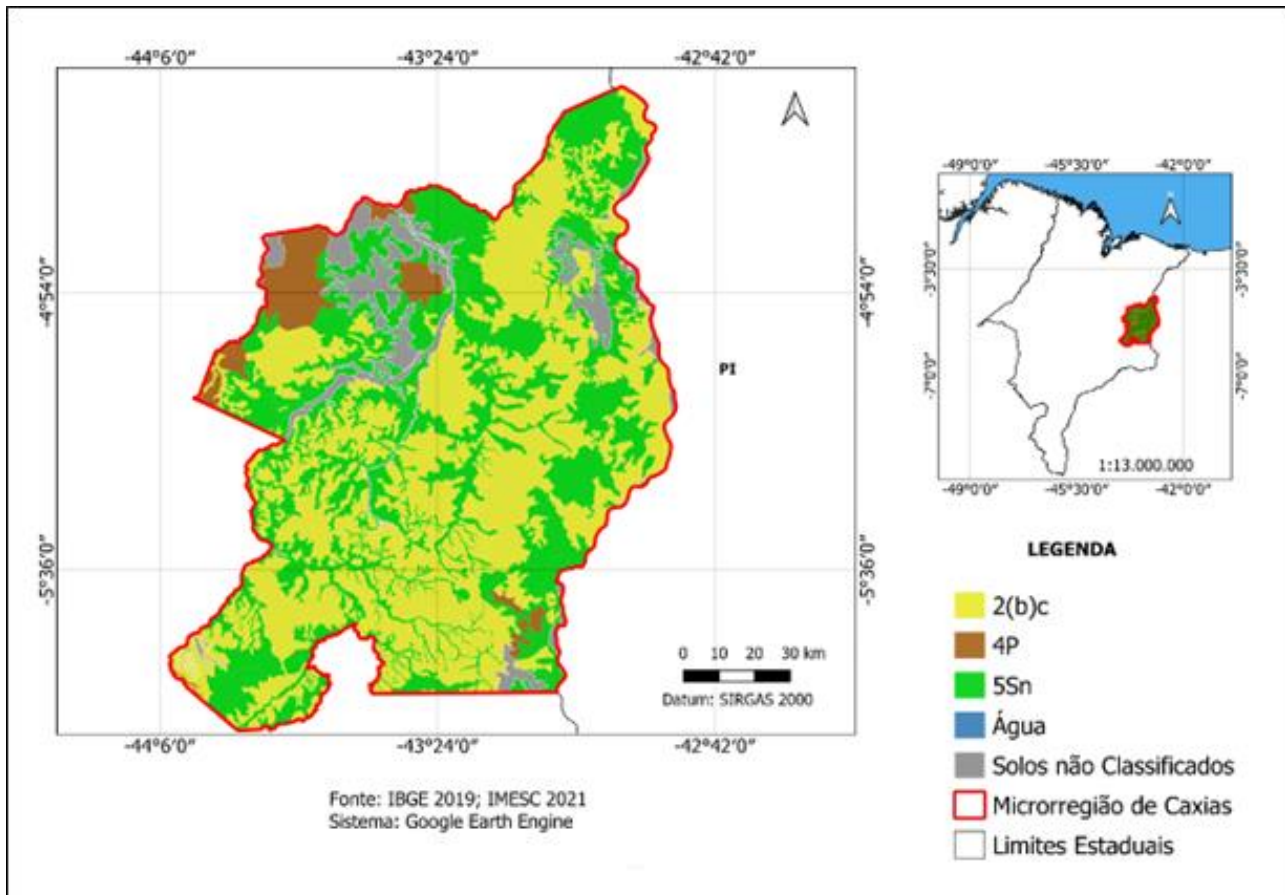


Figura 04: Mapa de Aptidão dos Solos na microrregião de Caxias, MA.

A unidade de mapeamento mais expressiva na área de estudo é caracterizada pelos Latossolos, entre os Latossolos Vermelhos, Latossolos Amarelos, com 7530,49357 ha. Os Latossolos da região geográfica em questão apresentam baixo nível de fertilidade natural, elevado teores de alumínio trocável (superior a 70%), com baixos valores de matéria orgânica (MO), com média de 16 g.kg⁻¹, na camada arável do solo. Neste sentido estes solos requerem elevadas doses de corretivo, pois apresentam elevada acidez potencial. Do ponto de vista físico, os Latossolos são solos bem drenados, com poucos problemas quanto impedimento à mecanização e, quando apresentam elevados teores de argila e são bem estruturados, são demandados

para a agricultura intensa, como atualmente vem ocorrendo na área de estudo. Esses solos predominam nas áreas mais extensas, de relevo plano e suavemente ondulado, o que influencia na definição da sua classe de aptidão agrícola (Santos et al., 2018; Sousa et al., 2022).

A segunda unidade mais expressiva, são os Plintossolos, sendo estes os Plintossolos Argilúvicos, Plintossolos Háplico e Plintossolos Pétrico, com uma extensão de 6355,996 ha. Os Plintossolos são caracterizados por apresentar material grosseiro com predominância de petroplintita do tipo nódulos ou concreções somente de óxido de ferro, ou de ferro e alumínio gerando diversos obstáculos quanto a penetração

de raízes e manejo do solo (Santos et al., 2018). Em geral, estes solos presentes na microrregião apresentam saturação por alumínio em média de 50 %, baixos valores de teores de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) e CTC e com valores médios de MO em média de 22,9 g.kg⁻¹. Estes solos requerem correções quanto sua acidez. Quanto os impedimentos do ponto de vista físico, os solos são bem drenados com áreas de relevo suave ondulados.

Nikkel et al. (2021) discute que os Plintossolos, apesar de apresentarem características desfavoráveis do ponto de vista agrônomo, como a necessidade de grandes implementos agrícolas, quando apresentam caráter concrecionário, ainda é possível o cultivo de espécies de interesse econômico, como soja e feijão, que requerem considerável mecanização agrícola. No entanto, a produtividade nesses solos pode ser menor em comparação com outras ordens de solo, exemplo nos Latossolos

Os Neossolos são solos significativos na região, com uma cobertura de 381,897 ha. Esses solos são poucos desenvolvidos, seus horizontes apresentam alta saturação por alumínio, superior a 60 %, elevada acidez potencial, com baixos valores de teores de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) e CTC. Esses solos predominam na classe de relevo suave ondulado, com característica muito pedregosa. e extremamente rochosa na classe de relevo dos Neossolos Litólicos (Araújo et al., 2021; Barbosa et al., 2022).

As grandes limitações quanto a fertilidade natural dos solos da microrregião de Caxias inviabiliza a sua inserção nas demais classes de aptidão agrícola da terra. Tais limitações, por exemplo, como os baixos teores de bases e altos teores de alumínio presentes em determinados solos, impossibilita a aptidão Boa para Lavoura no nível de manejo A, uma vez que o nível se utiliza de atividades de uso principalmente braçal, onde o produtor não utiliza nenhum tipo de recurso, como adubo ou corretivos para o solo, que exige um nível de capital não alcançado por este nível de manejo.

As limitações quanto à morfologia e atributos físicos também interferiram diretamente na classificação dos solos para outros tipos de aptidão. O impedimento a mecanização de determinados solos são comumente uma das principais limitações ao uso agrícola das culturas no nível de manejo C. Entretanto, a maioria dos solos avaliados na área de estudo pode ser utilizada para Lavoura neste nível de manejo.

A suscetibilidade à erosão nas áreas de relevo mais acidentado pode implicar em severos processos

erosivos, principalmente em solos de textura leve. Estes fatores podem ser observados nos Neossolos Litólicos, que apresentam limitações, por sua pequena profundidade efetiva, o que dificulta o desenvolvimento das raízes, bem como o armazenamento de água o que permite classificá-los como inaptos para atividades de lavoura e silvicultura, nos três níveis de manejo por inviabilizar a mecanização, embora existam maquinários adaptados a diferentes condições de relevo. Além das limitações supracitadas, atributos como pedregosidade e/ou rochiosidade acentuada inviabilizam práticas mecanizadas (Araújo et al., 2021).

As classes de aptidão Boa para silvicultura e regular para pastagem apresentam solos com relevo predominantemente suave ondulado, com drenagem que variam de imperfeitamente drenados a bem drenados e com texturas variadas de arenosa, siltosa e argilosa (os Plintossolos Pétricos). Os solos inseridos nessa classe de aptidão são os Plintossolo Pétrico, Neossolo Litólico, Argissolo Acinzentado.

Na estimativa quanto aos graus de fatores limitantes do uso da terra, ainda sobre a classe Boa para silvicultura e regular para pastagem de aptidão, apresenta de baixa a média fertilidade natural. As limitações quanto aos seus atributos químicos e morfológicos, justifica seu uso para atividades de silvicultura por possibilitar o aproveitamento e o desenvolvimento de povoação florestal com finalidade comercial, desde que ocorra manutenção racional das florestas; e atividades de pastagem natural, a partir do manejo e melhoramento com práticas de baixo nível tecnológico, baixa aplicação de capital e práticas conservacionistas para o controle da erosão (Ramalho Filho e Beek, 1995; Xavier et al., 2021).

A classe de aptidão agrícola definida como Boa para pastagem plantada está localizada em relevo suavemente ondulado, solos profundos, textura arenosa e média arenosa, com drenagem que variam de imperfeitamente drenados a bem drenados. Os solos presentes na área de estudo com as características mencionadas são Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Neossolos Quartzarênico. Comumente esses solos apresentam fertilidade natural de baixa a muito baixa, o que se constitui como a principal limitação para o uso agrícola, que melhoram para cultivo a partir da correção e adubação (Biazussi, 2020; Barbosa et al., 2022).

A análise dos graus de fatores limitantes do uso da terra revela que esta classe de aptidão Boa para pastagem Plantada apresenta predominantemente baixa fertilidade natural, valores de baixo a médio de

soma de base, com média saturação por alumínio, deficiência de oxigênio por apresentar solos imperfeitamente drenados.

A definição para aptidão de pastagem plantada justifica-se a partir de técnicas de conservação do solo, como pastejo rotacionado, terraço em nível, que evitam a formação de grandes erosões como as voçorocas, uma vez que os solos apresentam alta erodibilidade. Outra técnica para melhoria desses solos a partir dos métodos de correção como calagem, que tem como principal ação de melhoria quanto a fertilidade do solo pelo controle da acidez com o aumento do pH do solo e práticas conservacionistas para o controle da erosão (Biazussi, 2020).

As áreas classificadas com aptidão para Lavouras apresentam predominância de relevo plano e suave ondulado, com solos bem drenados com textura média e argilosa, não apresentando erosão aparente. Os Latossolos Amarelos presentes na área de estudo são exemplos de solos com as características citadas, o que pode justificar o interesse de grandes agricultores e empresas nas áreas com domínio desta classe de solo (Sousa et al., 2022).

A análise dos graus de fatores limitantes do uso da terra constata que, embora apresente baixo nível de fertilidade química natural e acidez natural, esses solos podem apresentar aptidão Boa para lavoura. A definição para aptidão para lavouras justifica-se uma vez que, em termos físicos, pela Boa permeabilidade e porosidade, pois proporcionam adequada distribuição de poros, o que auxiliam na drenagem e difusão de gases, além da retenção e armazenamento de água (Guarçoni, 2019).

As áreas destinadas para lavoura apresentam elevado potencial na produção econômica da região pela possibilidade de culturas de ciclo curto e culturais anuais, levando em consideração as condições climáticas locais. O emprego de práticas de manejo, do mais simples como a calagem, responsável por disponibilizar os macros e micronutrientes essenciais às plantas, á práticas de aplicação de gesso, escarificação do solo, rotação de culturas e limitação quanto ao uso de maquinários pesados para evitar a compactação desses solos (Biazussi, 2020; Vieira et al., 2022).

A análise dos graus de fatores limitantes do uso da terra constata que, embora apresente baixo nível de fertilidade química natural e acidez natural, esses solos podem apresentar aptidão Boa para lavoura. A definição para aptidão para lavouras justifica-se uma vez que, em termos físicos, pela Boa permeabilidade e porosidade, pois proporcionam

adequada distribuição de poros, o que auxiliam na drenagem e difusão de gases, além da retenção e armazenamento de água.

Conclusão

Diante das análises realizadas, observa-se que o método SAAT, é uma ferramenta importante para a avaliação da aptidão agrícola dos solos na microrregião de Caxias, no estado do Maranhão.

Verificou-se que 47% dos solos da microrregião de Caxias apresentam aptidão Boa para pastagem natural no nível de manejo A, com a possibilidade aptidão Boa para lavouras no nível de manejo C, seguido de regular para pastagem plantada entre os níveis de manejo B e C. Entretanto, foi possível observar que o perfil 56, Chernossolo Rêndzico, solo menos significativo na região, apresenta possibilidade de uso para lavouras nos três níveis de manejo.

A classe de aptidão mais representativa na microrregião é destinada para silvicultura e Pastagem Natural (5Sn), com uma extensão de 6031.5626 km², seguido das áreas destinadas para Pastagem natural (4P) com uma área total de 729.53402 km² e regulares para Lavoura com uma área total de 7457,4661 km².

A aplicação da metodologia de Sistema Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras na microrregião de Caxias, com base nos níveis de manejos para diferentes usos, permitiu identificar as áreas com maior potencial para a agricultura, bem como aquelas que apresentam limitações ou restrições para determinadas culturas. Com o uso das técnicas de geoprocessamento, foi possível integrar informações de diversas fontes e criar mapas temáticos, que permitem a visualização e análise das características do solo e do ambiente em diferentes escalas.

Dessa maneira, a aplicação do método SAAT e das técnicas de geoprocessamento são fundamentais para o desenvolvimento sustentável da região, permitindo a maximização da produção agrícola, ao mesmo tempo em que se preserva o meio ambiente, contribuindo para a tomada de decisão e o planejamento de atividades agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

Agradecimentos

Agradecimentos a Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pelo

financiamento da pesquisa por meio de disponibilização de bolsa.

Referências

- Araújo, P., Campos, A.G., Oliveira, D.V.; Rocha, H.A., Soares, I.G., Conceição, J.F., Silva, J.H.A., Gama, J.R.N.F., Lopes, J. R., Cavalcantes, L.P. A., Silva, L.G.T., Farias Filho, M.S., Thalês, M.C., Valente, M.A., Texeira, O.M.M., Sampaio, M.N., Cavalcante, S.A., Igawa, T.K., 2021. Solos e Aptidão Agrícola das Terras. in: Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (ZEE-MA): meio físico-biótico – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. 2. ed. v.1 / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias... [et al.] (Orgs). São Luís: IMESC.
- Bandeira, I.C.N., Dantas, M.E., Theodorovicz, A., Shinzato, E., 2013. Mapa geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina: CPRM.
- Barbosa, L.R., Souza, H.A., Oliveira, F.P., Nunes, L.A.P.L., Leite, L.F.C., 2022. Physical-hydraulic properties of an Ultisol under no-tillage and crop-livestock integration in the Cerrado. *Revista Caatinga*, 35, 460-469.
- Bennema, J., Beek, K. J., Camargo, M.N., 1964. Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/FAO.
- Biazussi, A., Ferreira, E. S., Klein, W.L., Assis Klein, M.R., 2020. Impacto Ambiental: Controle De Erosões. *Cadernos de Agroecologia*, 15(4).
- CPRM – Serviço Geológico Do Brasil., 2012. Produção Científica – A [Atualizada em 13 jan.2012] Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/documentos_43.pdf. Acesso: 11 set. de 2021.
- Silveira, L., Kashiwaqui, M.M., Costa, B.P., Rego, C. A.R.D.M., Oliveira, P.S.R., Mattei, E., Costa, A. C.T., 2020. Capacidade de uso e aptidão agrícola em pequena propriedade no município de Mundo Novo/MS/Capacity of use and agricultural aptitude In small property in the municipality of Mundo Novo/MS. *Brazilian Journal of Development*, 6, 54890-54903.
- Guarçoni, A., Favarato, L.F., Stipp, S.R., Casarin, V., 2019. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. *Incaper em Revista*, 10, 22-42.
- Guedes, J., Silva, S.M.P., 2018. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação: Princípios Físicos, Sensores e Métodos. *ACTA Geográfica, Boa Vista*, v.12, n.29. p. 127- 144. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/21774307.acta.v12i29.4001>. Acesso: 05 fev 2022.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário - 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censoagropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso: 26 maio 2022.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão Regional do Brasil. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/divisao_territorial/2017/. Acesso: 16 abr. 2023.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2016 – 2018. Rio de Janeiro, 2020. 26 p.
- IMESC, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos., 2021. Agricultura Maranhense. São Luís. Disponível em: <http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/6aa7c2a8fd1f5c515b2f1294d6329a67.pdf>. Acesso em 02 out. 2021.
- Oliveira Júnior, A.I., Mendonça, L.A.R., Fontenele, S.B., Araújo, A.O., Brito, M.G.S.L., 2019. Statistical multivariate analysis Applied to environmental characterization of soil in semiarid region. *Revista Caatinga*. V32, p.200 – 210, 2019.
- Pereira, L.C., Lombardi Neto, F., 2004. Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente. (Documentos, 43). Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=cpr_m%5Flayout&sid=94. Acesso: 23 de mar. 2022.
- QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS. Acesso: <https://www.qgis.org>. Acesso: 22 nov. 2022.
- Ramalho Filho, A., Beek, K.J., 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPIS.
- Ramos, H.M.M., Sousa, R.S., Leal Nunes, L.A.P., Matos Filho, C.H.A., Moura, J.S., 2023. Estoque de carbono de um neossolo quartzarênico sob diferentes usos: Carbon stock in a quartzarenic neosol under different land

- uses. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6, 910–922.
- Ribeiro, J.C., Anjos, L.H.C., Pereira, M.G., 2019. Aptidão e capacidade de uso das terras do Vale do Paraíba Paulista para o cultivo de *Tectona grandis* L. *Agrarian*, Dourados, 12, 182-195.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbrellas, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T.J.F., 2018. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa.
- Santos, R.D., Lemos, R.C., Santos, H.G., Ker, J.C., Anjos, L.H.C., 2015. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 7.ed. Viçosa: SBCS, 92.
- Sousa, R.F., Oliveira, I.R., Oliveira, R.A., Oliveira, J.T., 2022. Análise de trilha de atributos de um Latossolo manejado sob semeadura direta. *Nativa*, 10, 366-372.
- Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G., 2017. *Manual de métodos de análise de solo*.
- Vieira, J.M.K., Scardua, R.D.A., Mapelli, T.V., Hollanda, M.P., 2022. Aptidão Agrícola Em Terras Brasileiras. *Revista Interdisciplinar da FARESE*, 4.